

M. PASTEUR

HISTOIRE D'UN SAVANT

PAR

UN IGNORANT

Onzième Edition

REVUE ET AUGMENTÉE



PARIS
J. HETZEL ET Cie, ÉDITEURS
18, RUE JACOB, 18


ASSOCIATED MEDICAL SERVICES INCORPORATED 1937
MEDICAL CARE BY PREPAYMENT

Pour la reliure de l'Histoire

d'un savant par un Ignorant

À Monsieur le Comte de Laubespin

Très respectueux hommage de

L'Ignorant

R. Vallery-Radot

M. PASTEUR

et avec le souvenir très reconnaissant de

L. Pasteur

8 février 1886

PARIS

TYPOGRAPHIE GEORGES CHAMEROT

19, rue des Saints-Pères, 19

M. PASTEUR

HISTOIRE D'UN SAVANT

PAR

UN IGNORANT

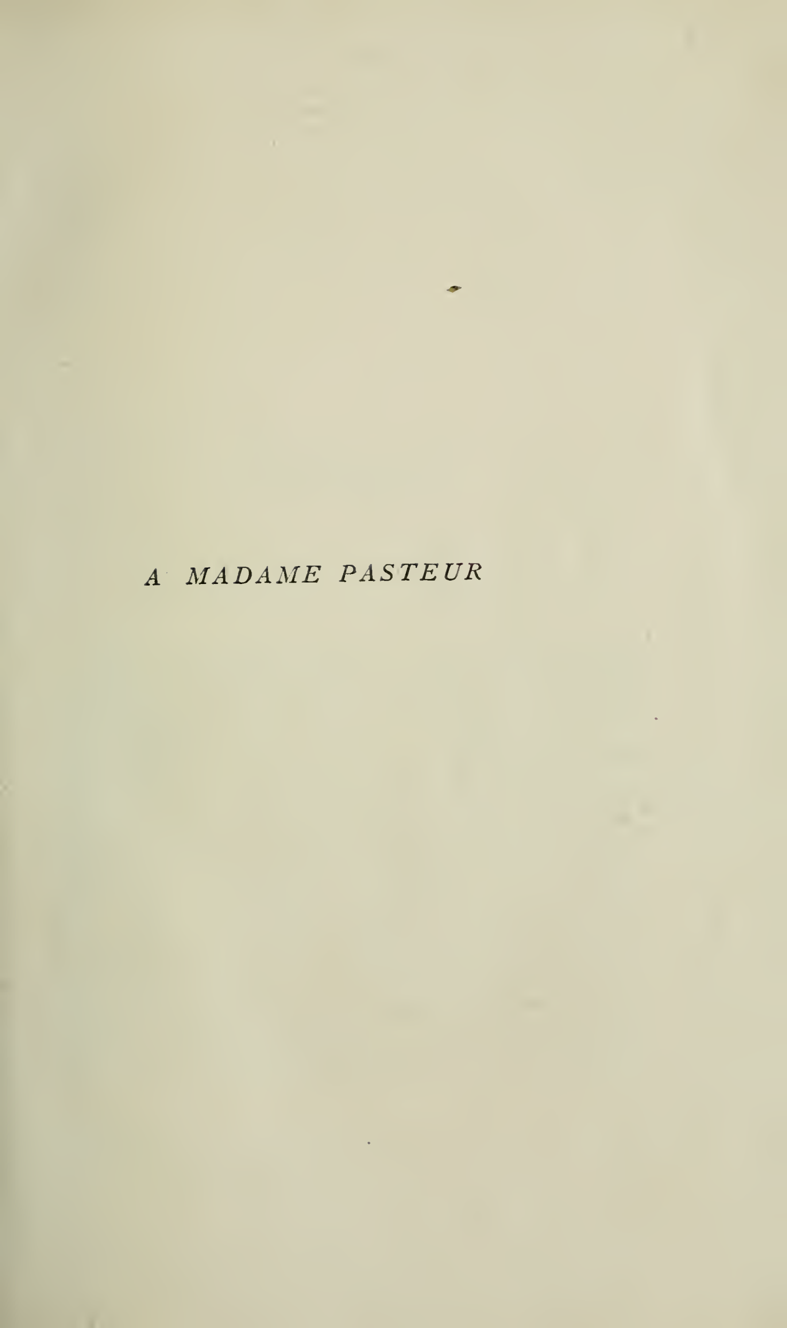
Huitième Édition



PARIS

J. HETZEL ET Cie, ÉDITEURS

18, RUE JACOB, 18



A MADAME PASTEUR

PRÉFACE

Il y a souvent, dans le salon d'un grand savant ou d'un grand écrivain, un homme qui, sans être ni confrère ni disciple, sans que rien, scientifiquement ni littérairement, puisse expliquer sa présence habituelle, vit dans une familiarité complète avec celui que tout le monde appelle cher maître. D'où vient cet intime ? Qui est-il ? Que fait-il ? On ne le connaît que comme un ami de la maison. Il n'a pas d'autre titre, et il semble

presque fier de n'en avoir pas d'autre. Dépouillé peu à peu de sa propre personnalité, il ne parle que des travaux, que des succès de son grand ami. Il se meut avec joie dans le rayonnement de cette gloire.

L'auteur de ce livre est un de ces témoins. Mêlé à la vie de M. Pasteur, habitué de son laboratoire, il a passé d'heureuses années près de ce grand chercheur qui a découvert tout un monde, le monde des infiniment petits. Depuis les premières études de M. Pasteur sur la dissymétrie moléculaire, jusqu'à ses récents travaux sur la rage, sur les maladies virulentes et les cultures artificielles de virus devenus de véritables vaccins, en passant par les célèbres expériences sur la génération spontanée, sur les fermentations, les maladies des vins, la fabrication de la bière, du vinaigre, les maladies des vers à soie, l'auteur de ces pages a pu sinon tout voir, du moins se rendre compte dans ses principaux développements de cette

suite ininterrompue de conquêtes scientifiques.

« Quel beau livre! disait-il un jour à M. Pasteur, il y aurait à écrire sur tout cela!

— Mais tout cela est dans les comptes-rendus de l'Académie des Sciences.

— Ce ne serait pas pour les lecteurs de comptes-rendus qu'il faudrait écrire un tel livre, ce serait pour le grand public, pour le public qui sait bien que vous avez fait de belles choses, mais qui ne le sait que vaguement, par des chroniques de journaux, des bouts de biographies. Peu de personnes connaissent l'histoire de vos découvertes. Quel a été votre point de départ? Comment êtes-vous arrivé à tels principes et aux conséquences de ces principes? Où est le lien, l'enchaînement rigoureux de votre méthode? Voilà ce qu'il serait curieux de résumer dans un livre qui aurait des chances de rester comme un document.

histoire intéressante et très savante

— Je ne peux pas perdre mon temps à revenir sur les choses acquises.

— Non, mais je voudrais que quelqu'un consacrât son temps à le faire. Et tenez, ajouta cet ami, avec une franchise audacieuse, savez-vous par qui, dans ma pensée, ce livre devrait être écrit ? Par un homme qui, sans que rien l'eût préparé à la voie que vous avez suivie, aurait été pris du vif désir de la connaître, se serait chaque jour imprégné, en vivant à vos côtés, de votre méthode et de vos idées, qui, ayant eu la joie de tout comprendre, ne voudrait pas garder cette joie pour lui seul.

— Où est donc, interrompit M. Pasteur, avec un bon sourire et non sans une nuance d'ironie, cet homme si heureux et si impatient de faire partager son bonheur?

— Il est en train de plaider sa cause. Oui, je voudrais tenter un pareil livre. J'ai vu vos efforts et j'ai vu vos succès. Les expériences auxquelles je n'ai pas assisté, vous

avez bien voulu me les expliquer avec ce don de clarté que Vauvenargues appelait le vernis des maîtres. Initié par affection, je voudrais me faire initiateur par admiration. Ce serait l'histoire d'un savant par un ignorant. Mon ignorance me servirait à ne pas m'enfermer strictement ni longtemps dans des détails trop techniques. Je pourrais mêler à l'exposé de vos doctrines quelques détails de votre biographie. Je passerais d'une découverte à une anecdote, je m'arrangerais enfin pour donner à ce livre non seulement un caractère familier de causerie scientifique, qui ne serait guère que l'écho de tout ce que j'ai appris près de vous, mais pour lui donner en outre le reflet de votre vie.

— Il faudrait attendre que je ne fusse plus là.

— Pourquoi? Pourquoi cette habitude d'attendre que ceux dont le nom restera aient disparu pour mesurer leur place? Non, c'est vous vivant que je veux peindre, vous

en plein travail, au milieu de votre laboratoire. D'ailleurs, en dehors de tout autre sentiment, votre présence sera la garantie de mon exactitude. »

Juillet 1883.

M. PASTEUR

SOUVENIRS D'ENFANCE

ET DE JEUNESSE

LES PREMIÈRES DÉCOUVERTES

« Allons! monsieur Pasteur, il faut chasser le démon de la paresse! »

C'était le veilleur de nuit du collège de Besançon qui, invariablement à quatre heures du matin, entrait dans la chambre de M. Pasteur et le réveillait par ce vigoureux bonjour, accompagné au besoin d'une forte secousse. M. Pasteur avait dix-huit ans. Outre le vivre et le couvert, le collège royal lui donnait vingt-quatre francs par mois. Mais si sa place était modeste, elle suffisait alors à son ambition : c'était le premier lien qui l'attachait à l'Université.

« Ah! lui avait souvent dit son père, si tu

pouvais devenir un jour professeur, et professeur au collège d'Arbois, je serais l'homme le plus heureux de la terre! »

Déjà, quand il habitait Dôle et que son fils n'avait pas deux ans, ce père se laissait aller à de tels rêves d'avenir. Qu'aurait-il dit si on lui eût annoncé que, cinquante-huit ans plus tard, sur la façade de la petite maison de la petite rue des Tanneurs, on placerait, — devant son fils vivant, chargé d'honneurs, chargé de gloire, passant au milieu d'un cortège triomphal, dans la ville pavoisée, — une plaque portant ces mots écrits en lettres d'or :

ICI EST NÉ LOUIS PASTEUR

LE 27 DÉCEMBRE 1822.

Arrivé devant cette maison, M. Pasteur évoqua l'image de son père et de sa mère, de ceux qu'il appela ses chers disparus et, du fond des lointains de son enfance, tant de souvenirs d'affection, de dévouement, de sacrifices paternels accoururent vers lui qu'il éclata en sanglots.

Ce fut une vie rude que la vie de son père, vieux soldat, décoré sur le champ de bataille,

obligé, à son retour en France où il n'avait plus de foyer, de gagner péniblement son pain. Il prit le métier de tanneur. Un jour, il rencontra une jeune fille vaillante; il en fit sa compagne, et tous deux entrèrent courageusement dans leur existence laborieuse. Lui, calme, réfléchi, plus avide, dès qu'il avait un moment de repos, de la société des livres que de la société de ses voisins; elle, pleine d'enthousiasme, l'esprit et le cœur agités de grandes pensées qui, à toute minute, projetaient sur le fond gris de sa vie modeste des lueurs éclatantes : l'un et l'autre veillant avec une sollicitude sans cesse inquiète sur ce petit Louis dont nous ferons un homme, qui aura de l'instruction, disaient-ils ensemble avec un mélange d'orgueil et de tendresse.

En 1825, la famille Pasteur quitta Dôle pour s'installer à Arbois. Le père de M. Pasteur venait d'acheter, sur les bords de la Cuisance, une petite tannerie. C'est dans cette tannerie et dans la ville d'Arbois que Louis Pasteur passa son enfance. Dès qu'il fut en âge d'être reçu demi-pensionnaire, on le mit au collège communal. Les premiers jours, il fut si fier, lui, le plus petit de tous les élèves, de passer sous la grande porte cintrée de ce vieux collège,

qu'il arriva les bras chargés d'énormes dictionnaires dont il n'avait nul besoin.

Tout en travaillant à son dur métier, le père de M. Pasteur s'improvisait, le soir, le répétiteur de son fils. Ce ne fut pas d'abord une sinécure. Louis Pasteur ne prenait pas toujours, pour se rendre en classe ou revenir travailler à la maison, le chemin le plus court. Il y a là-bas de vieux amis qui se rappellent avoir fait avec le petit Pasteur des parties de pêche dont l'impression fut telle qu'ils ont continué pour leur part à les renouveler toute leur vie. Souvent aussi Pasteur, au lieu de se mettre à son thème ou à sa version, s'échappait et s'amusait à dessiner quelque grand portrait de voisin ou de voisine. On voit encore aujourd'hui, dans quelques maisons d'Arbois, une douzaine de ces portraits au pastel, tous signés. La sûreté du dessin est étonnante pour un dessin fait par un enfant de treize ans.

« Quel dommage qu'il se soit enfoncé dans un tas de chimie, disait, il y a peu de temps, une vieille Arboisienne, il a manqué sa vocation, il serait arrivé à se faire une réputation de peintre ! »

Ce ne fut guère qu'à partir de la classe de troisième que Louis Pasteur, se rendant compte

des sacrifices que son père s'imposait, abandonna ses engins de pêche, serra dans un tiroir, pour ne les reprendre qu'à de rares intervalles, ses crayons de couleur et sentit s'éveiller en lui cette passion du travail qui devait faire le fonds de sa vie. Le principal du collège, étudiant, suivant de près cet élève qui, du premier effort, avait devancé tous ses camarades, disait : « Il ira loin. Ce n'est pas vers la chaire d'un petit collège comme le nôtre qu'il faut le diriger, il faut qu'il soit professeur dans un collège royal... Mon petit ami, ajoutait-il, pensez à la grande École normale... »

Le collège d'Arbois n'ayant pas de professeur de philosophie, M. Pasteur partit pour Besançon. Il y resta l'année scolaire, fut reçu bachelier ès lettres et nommé immédiatement maître répétiteur au même collège. Dans l'intervalle de ses fonctions, il suivait les cours de mathématiques spéciales, qui préparaient aux examens des sciences de l'École normale. Il fallait qu'il y eût déjà en lui une maturité singulière, car le proviseur lui confia la surveillance du quartier des grands, de ceux mêmes dont il était, aux heures de cours, le camarade. En étude, sa table était au milieu d'eux et jamais aussi jeune

maître n'eut autant d'autorité et si peu besoin d'en montrer.

Son premier goût pour la chimie se manifesta par des questions tellement fréquentes adressées, en plein cours, à un vieux professeur nommé Darlay que ce brave homme désorienté finit par déclarer que c'était à lui d'interroger Pasteur et non à Pasteur de lui faire subir, à propos de tout, un véritable interrogatoire. M. Pasteur n'insista pas, mais, apprenant qu'il y avait à Besançon un pharmacien qui s'était distingué autrefois par un travail inséré dans les Annales de chimie et de physique, il alla le trouver et lui demanda de vouloir bien consentir à lui donner en cachette, les jours de sortie, quelques répétitions particulières.

Aux examens de l'École normale, M. Pasteur fut reçu admissible : il était le quatorzième. Le rang ne lui plut pas. Quel que fût le blâme des candidats qui se présentaient en même temps que lui, il déclara qu'il recommencerait une nouvelle année de préparation. Ce fut à Paris même qu'il voulut travailler, dans un des coins du Paris silencieux, enveloppé du recueillement des écoles préparatoires et des couvents.

Impasse des Feuillantines demeurait un chef

d'institution, M. Barbet, ou plutôt le père Barbet, comme l'appelaient avec une familiarité provinciale tous les Franc-Comtois. M. Pasteur demanda à entrer dans cette institution, non plus comme maître répétiteur, mais comme simple élève. Sachant le peu de fortune de son compatriote, M. Barbet réduisit d'un tiers la pension de M. Pasteur. Le père Barbet était coutumier de ces générosités. Il n'aimait pas qu'on les rappelât; aussi est-ce double plaisir de les raconter.

L'année se passe, les examens arrivent, M. Pasteur est reçu le quatrième. Le voici enfin, au mois d'octobre 1843, dans cette École normale, où il devait occuper une si grande place. Le goût de M. Pasteur pour la chimie était devenu une passion. Il put la satisfaire à son gré. La chimie était alors enseignée à la Sorbonne, par M. Dumas, et, à l'École normale, par M. Balard. Les élèves de l'école suivaient chaque cours. Si différents que fussent les deux professeurs, ils avaient l'un et l'autre une grande action sur les élèves : M. Dumas, avec sa gravité sereine, son respect profond pour son auditoire, ne laissant jamais la moindre incorrection se glisser dans ses paroles ou dans

ses expériences; M. Balard, d'une vivacité toute juvénile, s'agitant dans sa chaire comme un Méridional à la tribune, ne donnant pas toujours à ses paroles le temps de suivre sa pensée. C'est lui qui, en montrant un peu de potasse au public, disait avec un entrain resté célèbre : « Potasse qui, potasse donc, potasse enfin que je vous présente ici. »

Les idées générales que M. Dumas, dans son enseignement souverain, se plaisait à développer, la multitude des faits savamment étudiés que faisait défiler M. Balard, tout répondait aux besoins d'esprit de M. Pasteur. S'il aimait les grands horizons de la science, il avait déjà le souci rigoureux, le besoin du contrôle perpétuel de l'expérimentation. Chacune des leçons de l'École normale ou de la Sorbonne excitait en lui un profond enthousiasme. Un jour que M. Dumas, faisant l'expérience de la solidification de l'acide carbonique, demandait un mouchoir de bonne volonté pour recevoir cette neige d'acide carbonique solide, M. Pasteur se précipita au pied de la chaire, sollicita l'honneur de prêter son mouchoir, reçut le morceau de neige, revint triomphant et en courant à l'École normale, répéta sur-le-champ les principales

expériences que l'illustre chimiste venait de faire passer sous les yeux de son auditoire et garda religieusement le mouchoir touché par M. Dumas.

Le dimanche, M. Pasteur passait ses journées chez M. Barruel, le préparateur de M. Dumas. Il ne songeait qu'aux manipulations. Longtemps on admira, on admire peut-être encore dans un des laboratoires de l'École un bocal contenant soixante grammes de phosphore, obtenus à l'aide d'os que M. Pasteur avait achetés chez un boucher, qu'il avait calcinés, qu'il avait soumis à toutes les épreuves bien connues des élèves en chimie, qu'il avait réduits enfin, après une journée de chauffe, de quatre heures du matin à neuf heures du soir, à ces soixante grammes. C'était la première fois que l'on tentait, à l'École normale, les longues manipulations qui préparent ce corps simple. Aussi, la veille du jour où le fourneau devait être mis en chauffe, M. Pasteur murmurait en se couchant : « Encore sept heures d'attente avant de redescendre au laboratoire ! »

Laboratoire ou bibliothèque, il ne pensait qu'à s'enfermer là, curieux de toutes les choses de la science, cherchant toujours à apprendre,

à questionner, à contrôler. Comme le règlement de l'École laisse une large part à l'initiative individuelle, il s'en donnait à cœur-joie. Cette liberté quotidienne fait le charme et l'honneur de l'École normale : non seulement elle permet, mais elle encourage les études personnelles, elle laisse l'élève fréquenter à son aise la bibliothèque, consulter les journaux et les revues scientifiques. Ce système d'éducation majeure développe singulièrement l'esprit de recherche. Il y a là un élément de supériorité sur l'École polytechnique. Se ressentant de son origine militaire, contrainte d'ailleurs par le nombre de ses élèves à imposer à tous une exacte discipline, à introduire dans chacun des exercices une stricte régularité, l'École polytechnique est peut-être moins faite que l'École normale pour éveiller dans l'esprit des élèves le goût des sciences spéculatives. Il est certain que M. Pasteur dut à cette grande liberté de travail, à ces facilités de lectures solitaires la première occasion d'une recherche qui fut le point de départ d'une véritable découverte.

I

Souvent, un des maîtres de conférences de l'École normale, qui ne ressemblait guère au vieux professeur de physique et de chimie de Besançon, se plaisait non seulement à répondre aux interrogations de M. Pasteur, mais à les provoquer et à causer avec lui de livres scientifiques. Ce M. Delafosse, dont le souvenir est resté cher à tous ses élèves, était un de ces hommes qui ne donnent pas leur mesure ou, suivant l'expression du cardinal de Retz, ne remplissent pas tout leur mérite. Non que les circonstances leur soient défavorables, mais une modestie invincible et une nonchalance naturelle, qui trouve dans la modestie l'apaisement trop facile de ses remords latents, les laissent dans une sorte de demi-jour où d'ailleurs ils se complaisent. Élève, puis collaborateur du célèbre cristallographe Haüy, M. Delafosse s'était attaché aux questions de physique moléculaire. M. Pasteur, qui avait lu avec passion les travaux d'Haüy, ne parlait avec M. Delafosse que d'arrangements de molécules, lorsqu'une note inat-

tendue du minéralogiste allemand Mitscherlich, communiquée à l'Académie des sciences, vint le troubler dans toutes ses croyances. Voici cette note :

Le paratartrate et le tartrate de soude et d'ammoniaque ont la même composition chimique, la même forme cristalline avec les mêmes angles, le même poids spécifique, la même double réfraction, et, par conséquent, le même angle des axes optiques. Dissous dans l'eau, leur réfraction est la même. Mais le tartrate dissous tourne le plan de la lumière polarisée et le paratartrate est indifférent, comme M Biot l'a trouvé pour toute la série de ces deux genres de sels. Mais ici, ajoute Mitscherlich, ici la nature et le nombre des atomes, leur arrangement et leurs distances sont les mêmes dans les deux corps comparés.

Comment, se disait M. Pasteur, tout rempli des enseignements d'Haüy et de M. Delafosse sur l'arrangement des molécules dans les cristaux, pénétré des idées et de la netteté des conceptions de M. Dumas en chimie moléculaire, comment admettre que la nature et le nombre des atomes, l'arrangement de ceux-ci et leurs distances soient les mêmes dans deux espèces chimiques, que les formes cristallines de ces groupes soient également les mêmes, sans qu'il y ait une identité rigoureusement absolue entre ces deux espèces? N'y a-t-il pas une incompati-

bilité profonde entre l'identité affirmée par les conclusions de Mitscherlich et la dissemblance du caractère optique constatée entre les deux combinaisons tartrique et paratartrique qui font l'objet de cette note?

Cette difficulté resta longtemps dans l'esprit de M. Pasteur avec la ténacité d'une idée fixe. Reçu agrégé des sciences physiques, à la fin de sa troisième année d'école, puis retenu près de son maître M. Balard, il commençait déjà l'étude des cristaux, la détermination de leurs angles et de leurs formes, lorsqu'une nomination de professeur de physique au lycée de Tournon vint le surprendre et le désoler. M. Balard courut au ministère et parla de son préparateur dans des termes tels que la nomination fut rapportée. M. Pasteur resta au laboratoire de l'École normale.

Pour se fortifier dans la science des cristaux, il prit pour guide un travail étendu de M. de La Provostaye. Je répéterai, se disait M. Pasteur, toutes les mesures d'angles, toutes les déterminations de M. de la Provostaye et je comparerai mes résultats aux siens. Le travail de ce physicien, connu par la précision et l'exactitude de ses recherches, avait pour objet

l'acide tartrique, l'acide paratartrique et leurs combinaisons salines.

Il y a deux ou trois ans, M. Pasteur, après m'avoir cité textuellement, sur une route du Jura, où nous nous promenions ensemble, cette note de Mitscherlich, me raconta, avec un enthousiasme de savant, le plaisir qu'il avait eu à faire cristalliser l'acide tartrique et ses sels dont les cristaux, disait-il, rivalisent en dimension et en beauté avec les plus belles formes cristallines connues :

« J'aurai bien de la peine, lui dis-je, à vous suivre à travers cet acide tartrique, ces tartrates et ces paratartrates. Autant vos autres études m'ont toujours attiré, autant celles qui ont pour point de départ la note de Mitscherlich et le mémoire de M. de La Provostaye m'ont paru, chaque fois que j'ai essayé de m'y remettre, d'un accès difficile. Ah! ajoutai-je, vous auriez bien dû, par égard pour ceux qui aiment à parler de vos travaux, ne pas faire de découvertes dans cette voie-là!

— Est-il possible, s'écria M. Pasteur avec un singulier mélange d'indignation et d'indulgence, que vous n'ayez jamais entrevu, derrière ces

recherches de physique et d'optique moléculaires, de grands horizons ! Si j'ai un regret, c'est de ne pas avoir suivi cette route, moins rude qu'il ne semble, et qui doit conduire, j'en suis convaincu, aux plus belles découvertes. Par un brusque détour, elle m'a subitement jeté dans les fermentations, les fermentations m'ont jeté à leur tour dans l'étude des maladies, mais je reste désolé de n'avoir jamais eu le temps de revenir sur mes pas. »

Alors, avec une simplicité d'exposition où l'on sentait l'homme qui a été professeur et qui s'est toujours efforcé de mettre ses idées à la portée de ses auditeurs :

« Si l'on envisage, me dit-il, tous les corps de la nature, qu'ils appartiennent au règne minéral, au règne animal, au règne végétal, ou que l'on considère même des objets, fabriqués par la main des hommes, on s'aperçoit qu'ils se distribuent en deux grandes catégories. Les uns ont un plan de symétrie, les autres n'en ont pas. Voici une table, une chaise, un dé à jouer, le corps d'un individu, on peut imaginer un plan passant par ces objets et le corps humain et qui les partage en deux moitiés absolument pareilles. Ainsi, un

plan qui passerait par le milieu du siège et du dos d'un fauteuil laisserait à sa droite les mêmes parties que celles qui seraient à sa gauche. De même, un plan vertical qui passerait par le milieu du front, le milieu du nez, de la bouche, du menton d'un individu laisserait à droite un ensemble de parties que l'on retrouverait du côté gauche. C'est bien simple, n'est-ce pas ? Tous ces objets et une foule d'autres semblables forment la première catégorie. Ils ont un ou plusieurs plans de symétrie, disent les mathématiciens.

« Mais tous les objets sont bien loin d'être constitués de cette façon pour la répétition de leurs parties semblables. Considérez, par exemple, votre main droite, il est impossible de lui trouver un plan de symétrie. Quelle que soit la position que vous imaginiez pour un plan qui couperait la main, jamais vous ne trouverez à la droite de ce plan ce qui est à sa gauche. Il en est de même de votre main gauche, de votre oreille droite, de votre oreille gauche, de votre œil droit, de votre œil gauche, de vos deux bras, de vos deux jambes, de vos deux pieds. Le corps humain, pris dans son ensemble, a un plan de symétrie et chacune des parties qui

composent l'une ou l'autre de ses moitiés n'en a pas. La tige d'un végétal, dont les feuilles sont distribuées en spirale autour de cette tige, n'a pas de plan de symétrie, un escalier tournant n'a pas de plan de symétrie, un escalier droit en a un. Vous voyez cela.

« Il eût été vraiment bien extraordinaire, n'est-ce pas, que les espèces minérales, telles que le sel marin, l'alun, le diamant, le cristal de roche et tant d'autres qui relèvent de la grande loi de la cristallisation et qui revêtent des formes géométriques ne nous offrissent pas des exemples des deux catégories dont nous venons de parler. Elles les offrent en effet. C'est ainsi que le cube, qui a la forme d'un dé à jouer, a un plan de symétrie; il en a même plusieurs. La forme du diamant, qui est un octaèdre régulier, a également plusieurs plans de symétrie. Il en est ainsi de la grande majorité des formes des espèces chimiques que l'on rencontre dans la nature ou dans les laboratoires. Elles ont généralement un plan ou plusieurs plans de symétrie. Il y a cependant des exceptions. Le cristal de roche, que l'on trouve en aiguilles souvent volumineuses dans les anfractuosités des roches, dans certains terrains primitifs,

n'a pas de plan de symétrie. Il existe sur sa forme cristalline certaines petites faces distribuées de telle sorte que l'on pourrait comparer leur assemblage à une espèce d'hélice, ou de spirale, ou de vis, tous objets qui n'ont pas de plan de symétrie.

« Tout objet qui a un plan de symétrie, placé devant une glace, a une image qui lui est rigoureusement identique. L'image pourrait se superposer à la réalité. Placez une chaise devant une glace, l'image reproduit fidèlement la chaise, la glace reproduit notre corps considéré dans son ensemble. Mais placez votre main droite devant une glace et vous verrez une main gauche. La main droite n'est pas superposable à la main gauche, pas plus que le gant de votre main droite ne peut aller à votre main gauche, et inversement. »

Et, revenant au début de ses études cristallographiques, M. Pasteur me raconta brièvement qu'après avoir suivi le travail de M. de la Provostaye, il s'était aperçu qu'un fait très intéressant avait échappé à l'habile physicien. M. de La Provostaye n'avait pas vu, dans l'observation des formes cristallines de l'acide tartrique et de ses combinaisons, que ces formes font

toutes partie du groupe des objets qui n'ont pas de plan de symétrie. Certaines petites faces lui avaient échappé. M. Pasteur reconnut en d'autres termes que la forme de l'acide tartrique placée devant une glace produit une image qui ne lui est pas superposable. Il en est ainsi des formes de toutes les combinaisons chimiques de cet acide. M. Pasteur reconnut, au contraire, que la forme de l'acide paratartrique et les formes de toutes les combinaisons de cet acide font partie du groupe des objets de la nature qui ont un plan de symétrie.

Ce double résultat transporta de joie M. Pasteur. Il y vit la possibilité d'atteindre, par l'expérience, l'explication de la difficulté que la note de Mitscherlich avait jetée en quelque sorte comme un défi à la science en signalant une différence optique entre deux combinaisons chimiques qui paraissaient devoir être rigoureusement identiques par l'ensemble de tous leurs autres caractères. Puisque, se disait M. Pasteur, je trouve l'acide tartrique et tous ses tartrates dépourvus de plan de symétrie, tandis que son isomère, l'acide paratartrique, et ses combinaisons ont un tel plan, je vais m'empresser de préparer le tartrate et le paratartrate de la note

de Mitscherlich, je comparerai leurs formes et vraisemblablement le tartrate sera dissymétrique, c'est-à-dire sans plan de symétrie; le paratartrate, au contraire, continuera d'avoir un plan de symétrie. Dès lors, l'identité absolue signalée entre les formes de ces deux combinaisons par Mitscherlich n'existera pas. Sur ce point, il se sera trompé, et sa note n'aura plus rien de mystérieux. Comme l'action optique propre aux tartrates dont il est parlé dans sa note se traduit par une déviation à droite du plan de polarisation, c'est là un genre de dissymétrie qui n'aura rien d'incompatible avec la dissymétrie de la forme. Tout au contraire, ces deux dissymétries pourront être rapportées à une même cause; de même l'absence de dissymétrie dans la forme du paratartrate sera liée à la neutralité optique de la combinaison.

Les choses ne se passèrent qu'en partie comme l'avait espéré M. Pasteur. Le tartrate de soude et d'ammoniaque offrit, comme tous les autres tartrates, la dissymétrie qui s'accuse par l'absence de tout plan de symétrie, c'est-à-dire que la forme de ce sel placé devant une glace montra une image qui ne lui était pas superposable. C'était comme une main droite ayant sa gauche

paratartrate de Soude —

pour image. Quant au paratartrate de soude et d'ammoniaque, une circonstance frappa M. Pasteur d'une manière tout à fait inattendue. Loin de constater sur les cristaux de ce sel, l'absence de toute dissymétrie, il reconnut que tous la portaient manifestement. Mais, chose étrange, certains cristaux l'offraient dans un sens, les autres dans le sens opposé. Si on plaçait certains de ces cristaux devant un miroir, ils reproduisaient l'image des autres, et l'une de ces sortes de cristaux se confondait rigoureusement pour leur forme avec la forme du tartrate, préparé à l'aide de l'acide tartrique du raisin. M. Pasteur se dit alors : Puisqu'il n'y a aucune différence dans la forme du tartrate qui provient de l'acide tartrique du raisin et de l'une des sortes de cristaux qui se déposent au moment de la cristallisation du paratartrate, je vais séparer manuellement, par l'observation de leur dissymétrie propre, tous les cristaux de la cristallisation du paratartrate qui sont identiques à ceux du tartrate. Je devrai pouvoir, par les procédés chimiques ordinaires, extraire un acide tartrique identique à l'acide tartrique du raisin avec toutes ses propriétés physiques, minéralogiques et chimiques, c'est-à-dire un acide tartrique ayant, comme

l'acide tartrique naturel du raisin, la dissymétrie de la forme et l'action sur la lumière polarisée. Par contre, je devrai retirer de la seconde sorte des cristaux, associés aux précédents dans la cristallisation paratartrique, un acide qui reproduira l'acide tartrique ordinaire, mais ayant une dissymétrie de sens inverse et d'action également inverse sur la lumière polarisée.

Avec une ardeur pleine de fièvre, M. Pasteur s'empressa de faire cette double expérience. Quelle fut sa joie lorsqu'il vit ses prévisions se réaliser et se réaliser avec une netteté véritablement toute mathématique! Son saisissement fut si grand qu'il quitta brusquement le laboratoire. A peine sorti, il rencontra le préparateur du cours de physique, et l'embrassa en lui disant :

« Mon cher monsieur Bertrand, je viens de faire une grande découverte! J'ai séparé le paratartrate double de soude et d'ammoniaque en deux sels de dissymétrie inverse et d'action inverse sur le plan de polarisation de la lumière. Le sel droit est de tout point identique au tartrate droit. J'en suis si heureux que j'éprouve un tremblement nerveux qui m'empêche de remettre de nouveau l'œil à l'appareil de polarisation. Allons au Luxembourg; je vous expliquerai tout cela! »

Ces résultats frappèrent à un haut degré l'attention de l'Académie des sciences où siégeaient les Arago, les Biot, les Dumas, les de Senarmont et les Balard. On peut dire sans exagération que l'Académie en fut émerveillée. Toutefois, beaucoup de membres ne crurent pas d'emblée à la découverte. Chargé d'en rendre compte, M. Biot commença par exiger de M. Pasteur la vérification de chacun des points annoncés. Dans ce contrôle, M. Biot apporta sa précision habituelle qui fut associée à une sorte de défiance soupçonneuse.

« Il me fit venir chez lui, racontait dans une de ses leçons M. Pasteur, il me remit de l'acide paratartrique qu'il avait soigneusement étudié lui-même et qu'il avait trouvé parfaitement neutre vis-à-vis de la lumière polarisée. Ce ne fut pas au laboratoire de l'École normale, ce fut en sa présence, dans sa cuisine, qu'il me fallut préparer le sel double avec de la soude et de l'ammoniaque qu'il avait également désiré me procurer lui-même. La liqueur fut abandonnée à une évaporation lente, et, au bout de dix jours, lorsqu'elle eut fourni environ trente à quarante grammes de cristaux, il me pria de passer au Collège de France, afin de recueillir la

cristallisation et d'en extraire des cristaux de deux sortes que je placerais, ajouta-t-il, les uns à sa droite, les autres à sa gauche, me demandant de déclarer de nouveau si j'affirmais bien que les cristaux mis à sa droite dévieraient à droite et les autres à gauche. La déclaration faite, il me dit qu'il se chargeait du reste. M. Biot prépara les solutions en proportions bien dosées, et, au moment de les observer dans l'appareil de polarisation, il m'invita de nouveau à me rendre dans son cabinet. Il plaça d'abord dans l'appareil la solution la plus intéressante, celle qui devait dévier à gauche. Sans même prendre de mesure, par l'aspect seul des teintes des deux images ordinaire et extraordinaire de l'analyseur, il vit qu'il y avait une forte déviation à gauche. Alors, très visiblement ému, l'illustre vieillard me prit le bras et me dit : « Mon cher enfant, j'ai tant aimé les sciences dans ma vie que cela me fait battre le cœur ! »

L'émotion de M. Biot était d'autant plus vive qu'il avait le premier découvert la polarisation dans des substances chimiques, et que, pendant plus de trente ans, il avait répété que l'étude de ces substances et de leur action sur la polarisa-

Polarisation de la lumière

tion rotatoire était peut-être le plus sûr moyen de pénétrer dans la constitution intime des corps. Tout en accueillant avec déférence ses conseils, on ne les suivait guère. Et voilà qu'apparaissait en face de ce vieillard un peu découragé un jeune homme de vingt-cinq ans, se révélant maître dès son premier travail, dissipant les obscurités de la fameuse note allemande, créant un nouveau chapitre de chimie cristallographique. La composition et la nature de l'acide paratartrique étaient expliquées; une nouvelle substance, l'acide tartrique gauche, vraiment surprenante par ses propriétés, était trouvée; la physique et la chimie moléculaires s'enrichissaient de faits et de théories nouvelles d'une grande valeur.

Le premier soin de M. Pasteur, après avoir trouvé l'acide tartrique gauche et la constitution de l'acide paratartrique, fut de comparer très soigneusement les propriétés du nouvel acide tartrique gauche avec celles de l'acide tartrique droit, s'efforçant d'assigner, par des preuves expérimentales, l'influence sur ces propriétés des arrangements atomiques internes des deux acides. Bien qu'on ne puisse saisir la figure même de ces groupements, il ne saurait être

douteux que ces groupements soient formés des mêmes particules élémentaires, qu'ils soient, en outre, dissymétriques et qu'enfin la dissymétrie d'un des groupements soit la même que celle de l'autre, mais en sens inverse. L'assemblage des atomes de l'acide tartrique droit présente-t-il la forme extérieure d'une pyramide irrégulière? l'assemblage de l'acide tartrique gauche doit nécessairement offrir la forme de la pyramide irrégulière inverse.

II

Nommé professeur suppléant de chimie à Strasbourg, M. Pasteur poursuivit avec passion ces curieuses études. Pour les interrompre un instant, il ne fallut pas moins que son projet de mariage avec Mlle Marie Laurent, la fille du recteur de l'Académie. Encore assure-t-on que, le matin même du mariage, il fut nécessaire d'aller chercher M. Pasteur à son laboratoire pour lui rappeler qu'il se mariait ce jour-là. Mais si M. Pasteur fut coupable d'une de ces distractions dignes de La Fontaine, il fut un mari si différent de La Fontaine que Mme Pas-

teur a un sourire indulgent quand on lui rappelle un pareil oubli.

Revenons au laboratoire. M. Pasteur mit en présence de chacun des deux acides dans les mêmes conditions de poids, de température, de quantités de dissolvant, successivement toutes les substances chimiques capables de se combiner avec eux. Il obtint de cette manière les tartrates droits et les tartrates gauches correspondants de potasse, de soude, d'ammoniaque, de chaux et de tous les oxydes proprement dits. Il s'attacha aux combinaisons, — et elles sont nombreuses, — qui peuvent se déposer dans les liqueurs sous forme de cristaux bien déterminables. Sans entrer dans le détail de ces longues et patientes études, disons d'une manière générale que M. Pasteur reconnut que ce que l'on peut faire avec l'un des acides tartriques, on peut le répéter avec l'autre rigoureusement dans les mêmes conditions et que les produits résultants manifestent constamment les mêmes propriétés, avec cette seule différence, déjà offerte par les deux acides, que chez les uns, la déviation du plan de polarisation s'exerce à droite, chez les autres à gauche, et que les formes des espèces gauches correspondantes,

encore bien qu'identiques dans tous leurs détails aux espèces droites, ne peuvent leur être superposées. Quant aux autres propriétés chimiques et physiques, l'identité est absolue. Solubilité, réfraction simple des solutions, réfraction double des cristaux, action quelconque de la chaleur pour la décomposition des produits, etc., la similitude va toujours jusqu'à la plus parfaite identité.

L'Académie des sciences, qui montre, en ne les prodiguant pas, l'importance qu'elle attache aux rapports, se fit rendre compte pour la seconde fois de ces nouvelles recherches. M. Biot fut de nouveau rapporteur. Ce fut avec une sorte de coquetterie que M. Pasteur apporta de Strasbourg des échantillons parfaitement étiquetés à cristallisations magnifiques de la double série des tartrates droits et des tartrates gauches. Auprès de chacun de ces échantillons, réunis sur une même tablette de bois noir, un support en cuivre soutenait la forme figurée en terre glaise des cristaux contenus dans le bocal correspondant. Pour les rendre visibles à distance, M. Pasteur avait représenté ces mêmes formes sur un immense tableau fait de papier noir. Les arêtes des cristaux se dessinaient par des petites bandes de papier blanc.

M. Biot se promit d'apporter à l'Institut ces éléments de démonstrations si soignés. Le matin du jour où il devait lire son rapport, il resta plusieurs heures à causer avec M. Pasteur; il était pris d'une telle joie, il la laissait déborder avec tant d'émotion que M[me] Biot, qui avait pour son mari cette sollicitude particulière aux femmes d'académiciens, se penchant du côté de M. Pasteur, lui dit :

« Je vous en prie, détournez la conversation. Ne répondez pas à ce qu'il vous dit sur vos travaux. Vous le rendriez malade; il ne vit plus depuis que vous faites toutes ces belles choses! »

Les membres de l'Académie partagèrent l'enthousiasme de M. Biot. Arago demanda de décider que le rapport fût inséré dans le recueil des mémoires de l'Académie. C'était un honneur exceptionnel. Arrivés presque tous à la fin de leur carrière, ces savants aimaient à regarder ce premier rayon qui n'était pas encore la gloire, mais qui en était le présage.

« Mon jeune ami, disait à quelque temps de là M. Biot à M. Pasteur, en le présentant à Mitscherlich, vous pouvez vous vanter d'avoir

fait quelque chose de grand, en trouvant ce qui a échappé à un homme comme celui-là.

— J'avais étudié, répondit Mitscherlich, non sans une nuance de regret, en s'adressant à M. Pasteur, j'avais étudié avec tant de soin et de persévérance, dans leurs moindres détails, les deux sels qui ont fait l'objet de ma note à l'Académie que si vous avez constaté ce que je n'ai pas su trouver, c'est que vous avez dû être guidé par une idée préconçue. »

Mitscherlich avait raison, et cette idée préconçue, M. Pasteur aurait pu la formuler ainsi : Une dissymétrie dans l'arrangement moléculaire interne d'une substance chimique doit se manifester dans toutes les propriétés externes, capables elles-mêmes de dissymétrie.

Si cette conception théorique était exacte, M. Pasteur devait trouver que toutes les substances chez lesquelles M. Biot avait rencontré le pouvoir de déviation du plan de polarisation possèdent la dissymétrie cristalline accusée par la dissymétrie non superposable. Le résultat fut en grande partie conforme à de telles prévisions. Les substances actives sur la lumière polarisée à l'état fluide ou de dissolution offri-

rent le plus souvent à M. Pasteur des formes cristallines dissymétriques; mais quelques-unes, bien qu'elles pussent se résoudre en cristaux, ne manifestèrent aucune face dissymétrique. Cette difficulté n'entrava pas M. Pasteur. Elle fut, au contraire, pour lui une occasion de démontrer qu'il ne faut pas s'arrêter, sans l'approfondir, devant l'apparence d'une objection, quand une théorie est juste et qu'elle a déjà fait ses preuves. Est-ce que, se demanda M. Pasteur, cette absence de dissymétrie de forme dans des substances qui ont le pouvoir rotatoire moléculaire ne serait pas une chose toute fortuite, et ne suffirait-il pas de changer les conditions de la cristallisation pour faire apparaître cette dissymétrie?

Alors, afin de modifier les formes cristallines des substances dont la cristallisation ne s'était pas montrée spontanément dissymétrique, M. Pasteur fit usage d'une méthode bien souvent éprouvée, quoiqu'on n'en puisse pas expliquer les principes ni en prévoir les effets. A l'imitation de Romé de Lisle, de Leblanc, de Beudant, M. Pasteur fit varier la nature des dissolvants; il introduisit dans la dissolution tantôt un excès d'acide ou de base, tantôt des matières étrangères incapables de réagir chimiquement sur celles qu'il

s'agissait de modifier; il employa même quelquefois des eaux mères impures. Chaque fois, il fit naître ainsi des facettes nouvelles, et chaque fois ces facettes nouvelles montrèrent le genre de dissymétrie que le caractère optique enseignait à prévoir. Bien qu'il ait dû borner sa recherche aux substances qui, par leur facile cristallisation et la beauté de leurs formes, se prêtent le mieux à ce genre d'épreuves, les résultats furent tellement d'accord avec les prévisions théoriques que nul doute ne peut raisonnablement subsister sur la corrélation nécessaire entre la dissymétrie et le pouvoir de déviation de la lumière polarisée.

Après de telles recherches, M. Pasteur arriva à une conclusion bien singulière, et digne des plus sérieuses méditations, sur la différence qui existe, d'une part, entre les espèces minérales et les produits artificiels, et, d'autre part, entre les produits organiques naturels que l'on peut extraire des végétaux et des animaux. Tous les produits minéraux ou artificiels, disons, pour abréger, tous les produits de la nature morte sont à image superposable, non dissymétriques par conséquent. Les produits des végétaux et des

dyssymétrie

animaux, au contraire, en un mot les produits formés sous l'influence de la vie sont à image non superposable, c'est-à-dire dissymétriques atomiquement, de cette dissymétrie qui se traduit au dehors par le pouvoir de déviation du plan de polarisation. S'il existe des exceptions, ces exceptions sont plus apparentes que réelles. M. Pasteur lui-même en a signalé quelques-unes, en démontrant en même temps qu'il était facile de se rendre compte, par certains procédés, que toute trace de dissymétrie disparaissait quand on soumettait à la dissolution des produits qui, comme le cristal de roche, ont une dissymétrie externe.

On rencontre également une apparence de contradiction à cette loi de démarcation entre les produits artificiels et ceux de la vie végétale et animale par le fait de l'existence dans les êtres vivants des substances telles que l'acide oxalique, l'acide fumarique, l'urée, l'acide urique, la créatine, etc. Tous ces derniers produits n'ont en effet ni action sur la lumière polarisée, ni dissymétrie dans la forme de leurs cristaux. Mais il est nécessaire d'observer que ces produits sont le résultat d'actions secondaires. Leur formation est évidemment régie par les mêmes lois qui

président à la constitution des produits artificiels des laboratoires ou de la nature minérale proprement dite. Ce sont des produits d'excrétion chez les êtres vivants plutôt que des substances essentielles de la vie végétale ou animale. Quand on considère, au contraire, les substances les plus primordiales des végétaux et des animaux, celles dont on peut dire à juste titre qu'elles sont nées sous l'influence directrice du *devenir* de la vie, telles que la cellulose, les fécules, l'albumine, la fibrine, etc., on trouve en elles le pouvoir de déviation de la lumière polarisée, caractère nécessaire et suffisant pour établir leur dissymétrie, alors même que, par l'absence d'une cristallisation possible, la forme fait défaut pour la manifestation de leur dissymétrie interne.

Il est donc vrai de dire que les produits de la nature morte minérale ou artificielle n'ont jamais présenté jusqu'ici la dissymétrie moléculaire; il est donc vrai d'affirmer que les subtances qui ont le plus d'influence dans les manifestations de la vie végétale et animale, qui sont présents et actifs dans la graine ou dans l'œuf au moment du merveilleux *devenir* des espèces végétales et animales, offrent toutes la dissymétrie moléculaire.

Pourrait-on indiquer une séparation plus

profonde entre les produits de la nature vivante et ceux de la nature minérale que cette dissymétrie chez les uns et son absence chez les autres? N'est-ce pas une chose étrange que pas un de ces mille et mille produits artificiels des laboratoires, dont chaque jour augmente le nombre, ne manifeste ni le pouvoir de déviation de la lumière polarisée ni la dissymétrie non superposable? On peut sans doute engager les substances naturelles dissymétriques, les fécules, les gommes, les sucres, les acides tartriques, maliques, la quinine, la strychnine, l'essence de térébenthine... dans des combinaisons nouvelles encore dissymétriques, bien qu'artificiellement préparées; mais il est sensible que tous ces nouveaux produits ne font qu'hériter de la dissymétrie originaire des substances d'où ils dérivent. Dès que l'action chimique est plus profonde, toute dissymétrie disparaît et on ne la voit plus jamais reparaître dans les produits successifs ultérieurs.

Quelles peuvent être les causes d'une aussi grande différence? M. Pasteur a souvent exprimé la conviction qu'il faut la rattacher à cette circonstance que les forces moléculaires, qui sont ou qui ont été mises en jeu dans la nature

minérale et qui le sont tous les jours encore dans les laboratoires, sont des forces d'une nature symétrique, tandis que les forces qui sont présentes et agissantes au moment des combinaisons de la vie végétale, — quand la graine germe, quand l'œuf se développe, et primitivement quand, sous l'influence du soleil, la matière verte des feuilles décompose l'acide carbonique de l'air et utilise de cent façons diverses le carbone de cet acide, l'hydrogène de l'eau et l'oxygène de ces deux produits, — sont d'ordre dissymétrique et probablement sous la dépendance de quelques-uns des grands phénomènes cosmiques dissymétriques de notre univers. Exposant un jour cette opinion devant l'Académie des sciences, M. Pasteur s'exprimait ainsi :

« L'univers est un ensemble dissymétrique. Je suis porté à croire que la vie, telle qu'elle se manifeste à nous, doit être fonction de la dissymétrie de l'univers ou des conséquences qu'elle entraîne. L'univers est dissymétrique; car on placerait devant une glace l'ensemble des corps qui composent le système solaire, se mouvant de leurs mouvements propres, que l'on aurait dans la glace une image non superposable à la réalité. Le mouvement même de la

lumière solaire est dissymétrique. Jamais un rayon lumineux ne frappe en ligne droite et au repos la feuille où la vie végétale crée la matière organique. Le magnétisme terrestre, l'opposition qui existe entre les pôles boréal et austral dans un aimant, celle que nous offrent les deux électricités positive et négative ne sont que des résultantes d'actions et de mouvements dissymétriques. »

Au moment où, emporté par les travaux qui forment le principal objet de ce livre, M. Pasteur abandonna les études de physique et de chimie moléculaires qui l'avaient occupé jusque-là, toutes ses pensées étaient dirigées vers la recherche de moyens propres à mettre en évidence l'influence de ces causes et de ces phénomènes. A Strasbourg, il avait fait construire de puissants aimants pour comparer les actions de leurs pôles et tenter, à leur aide, d'introduire dans la forme des cristaux une manifestation de dissymétrie. A Lille, où il fut nommé doyen de la Faculté des sciences, en 1854, il avait fait construire un mouvement d'horlogerie qui devait tenir une plante en mouvement de rotation continuelle dans un sens, puis dans un autre. « Tout cela

était grossier, me disait-il un jour, mais j'avais, en outre, résolu de renverser, au profit de la végétation de certaines plantes, à l'aide d'un héliostat et d'un miroir réflecteur, le mouvement des rayons solaires qui viendraient à les frapper dès la naissance de leurs premières feuilles, et ici il y avait plus d'avenir. » Il ne parla jamais de ces tentatives, parce qu'il n'eut pas le temps de les poursuivre jusqu'au point où il rêvait de les pousser; mais, aujourd'hui encore, il demeure persuadé qu'on ne parviendra à franchir la barrière qui existe entre les deux règnes minéral et organique, — et qui se traduit à nos yeux par l'impossibilité de produire dans les réactions de laboratoire des substances organiques dissymétriques, — que si l'on arrive à introduire dans ces réactions des influences d'ordre dissymétrique. Le succès dans cette voie donnerait accès, suivant lui, à un monde nouveau de substances et probablement aussi de transformations organiques. Puisqu'on a réussi à trouver l'inverse de l'acide tartrique droit, on peut espérer posséder un jour tous les principes immédiats inverses de ceux que nous connaissons. Qui pourrait dire ce que deviendraient les espèces végétales et animales, s'il était possible de remplacer dans les

cellules vivantes la cellulose, l'albumine et leurs congénères par leurs inverses? Certes, la chose n'est pas aisée, et M. Pasteur se fait moins que personne illusion sur la difficulté du problème. Quand il s'agira, pensait-il dernièrement, de faire passer, par un moyen quelconque, ces nouveaux principes immédiats, inverses de ceux qui existent, dans des espèces vivantes, la grande difficulté sera de l'emporter sur le *devenir* propre aux espèces, devenir que contient en puissance le germe de chacune d'elles. Dans ce germe se manifestera toujours, cela est à craindre, la dissymétrie des principes immédiats dissymétriques qu'il renferme. Ah! si la génération spontanée était possible, si on pouvait faire sortir de la matière minérale une cellule douée de vie, combien le problème ne serait-il pas plus accessible! Quoi qu'il en soit, il faut chercher, par tous les moyens possibles, à provoquer la dissymétrie moléculaire par la manifestation des effets de forces ayant une action dissymétrique. « Il faudrait, me répétait M. Pasteur, le jour où, parti de cette note de Mitscherlich, il avait passé toutes ces choses en revue, il faudrait provoquer des actions de solénoïde ou d'hélice. Entraîné aujourd'hui par

des travaux plus que suffisants à absorber ce qui me reste d'ardeur et de force, je n'ai plus le temps de m'occuper de tout cela, mais que de choses à faire dans cet ordre d'idées et quelle voie s'ouvrirait pour des jeunes gens qui auraient ce génie d'invention que donne si souvent le travail opiniâtre! »

Cette opposition complète entre les produits minéraux artificiels et les produits végétaux et animaux était pour M. Pasteur une vérité si bien établie qu'il y trouva à diverses reprises l'occasion de l'affirmer dans des circonstances décisives. Un jour, un chimiste fort habile, M. Dessaignes, qui fut plus tard un des correspondants de l'Académie des sciences, annonça avoir transformé les acides fumarique et maléique en acide aspartique. M. Pasteur, qui avait eu, quelque temps auparavant, l'occasion d'étudier ces mêmes acides, avait constaté que les deux premiers n'avaient aucune dissymétrie moléculaire, c'est-à-dire qu'ils étaient privés de toute action optique, qu'ils ne déviaient pas, à l'état de dissolution, le plan de la lumière polarisée. L'acide aspartique, au contraire, lui avait offert la dissymétrie moléculaire, comme l'aspa-

ragine elle-même. Si l'observation de M. Dessaignes était vraie, des corps inactifs sur la lumière polarisée, et non dissymétriques par conséquent, pouvaient donc se transformer, par une action de laboratoire, en un corps actif dissymétrique. La ligne de démarcation si bien établie était rompue. M. Pasteur, qui savait, par la note de Mitscherlich, à quel point les observateurs les plus consciencieux peuvent ne pas saisir de fugitives dissemblances, quand une idée préconçue ne les excite pas à les rechercher, s'empressa de douter de l'exactitude entière des faits signalés par M. Dessaignes. Mais, ne se contentant pas de douter à distance, il voulut savoir immédiatement à quoi s'en tenir sur la valeur de la découverte annoncée. De Strasbourg, il partit pour Vendôme, où demeurait M. Dessaignes. M. Dessaignes s'empressa de lui remettre la petite quantité de l'acide aspartique qu'il avait fabriqué au moyen des acides fumarique et maléique. Revenu à son laboratoire, M. Pasteur ne tarda pas à reconnaître que, malgré la très grande ressemblance du nouvel acide aspartique de M. Dessaignes avec celui dérivé de l'asparagine, cet acide en différait cependant par l'absence complète de la dissymétrie moléculaire.

A propos d'autres faits du même ordre, non seulement annoncés en France, mais en Italie et en Angleterre, — principalement pour la prétendue formation de l'acide tartrique du raisin, à l'aide de l'acide succinique artificiel et inactif, signalé par MM. Perkin et Duppa, — M. Pasteur témoigna d'une sûreté d'appréciation absolue dans l'existence de particularités phénoménales propres à des substances nouvelles qu'il n'avait pas eues sous les yeux et qui avaient été, au contraire, l'objet d'études très soignées de la part d'observateurs de grand talent.

Après ces constatations et ces déductions de vues théoriques, M. Pasteur trouva un lien surprenant entre les recherches précédentes de chimie et de physique cristallographique et des recherches nouvelles et tout à fait inattendues de chimie physiologique. Ce lien, comme un fil d'Ariane, devait le conduire à ses récentes et grandes découvertes de biologie médicale. Aussi M. Chevreul avait-il raison de dire, il y a quelques années, à l'Académie des sciences :

« C'est en examinant d'abord les recherches de M. Pasteur dans l'ordre chronologique, c'est en en considérant ensuite l'ensemble que l'on peut apprécier la rigueur des jugements du sa-

vant dans les conclusions qu'il en déduit et la perspicacité d'un esprit pénétrant qui, fort des vérités qu'il a trouvées, se porte en avant pour en établir de nouvelles. »

III

M. Pasteur avait donc constaté que les corps doués de la dissymétrie interne la portent à divers degrés dans leurs combinaisons ou dans leurs dérivés. Lorsque deux de ces substances dont la nature a été dévoilée par la découverte des acides tartriques droit et gauche, où tout est chimiquement identique, — et qui se distinguent seulement par la forme cristallographique inverse et par le pouvoir d'action de la lumière polarisée, — entrent en combinaison avec une substance optiquement et cristallographiquement inactive, tout doit se conserver de part et d'autre chimiquement identique dans les conditions nouvelles. Tout, en effet, s'y maintient optiquement et cristallographiquement comparable. L'élément inactif n'ajoute rien, ne retranche rien aux facultés dissymétriques propres de la substance active.

Bientôt M. Pasteur ajouta à ces curieuses études un chapitre nouveau. Si j'introduisais, pensa-t-il, dans ces combinaisons une substance possédant par elle-même des propriétés spécifiques de dissymétrie, il faudra évidemment que cette substance conserve, en y entrant, ses propriétés. Dès lors, cette substance active ajoutera quelque chose aux propriétés du groupe moléculaire qui agit comme elle, et retranchera quelque chose aux propriétés de ce groupe s'il agit en sens opposé. Les effets résultants de ces causes tantôt concordantes, tantôt antagonistes cesseront de se maintenir pareils en quantité absolue. Et si c'est là la condition nécessaire de similitude dans l'arrangement moléculaire, cette similitude aura cessé d'exister et avec la dissemblance devront apparaître toutes les différences de propriétés physiques et chimiques qui en sont les manifestations extérieures.

Les faits répondirent à ces déductions logiques. Après avoir fait intervenir la dissymétrie comme modificatrice des affinités chimiques, il eut une preuve manifeste et étrange de l'influence de la dissymétrie dans les phénomènes de la vie.

On savait depuis longtemps, par l'observation d'un fabricant de produits chimiques d'Alle-

magne, que le tartrate de chaux impur des fabriques, souillé de matières organiques et abandonné sous l'eau en été, peut fermenter et donner divers produits. M. Pasteur mit en fermentation le tartrate ordinaire droit d'ammoniaque de la manière suivante. Il prit le sel très pur cristallisé, le fit dissoudre en ajoutant à la liqueur des matières albuminoïdes, — un gramme environ pour cent grammes de tartrate. La liqueur, placée dans une étuve, fermenta. Dans le cours de la fermentation, la masse liquide, primitivement limpide, se troubla peu à peu, à la suite de l'apparition d'un petit être organisé qui jouait le rôle de ferment. Ce mode de fermentation, M. Pasteur l'appliqua au paratartrate d'ammoniaque. Il vit ce sel fermenter égalcment avec dépôt du même petit être ferment. Tout paraissait faire croire que les choses se passaient comme dans le cas du tartrate droit. Mais M. Pasteur, ayant eu l'idée de suivre la marche de l'opération à l'aide de l'appareil de polarisation, vit éclater des différences profondes entre les deux fermentations. Dans le cas du paratartrate, le liquide, primitivement inactif, prit peu à peu un pouvoir de déviation à gauche sensible, qui aug-

menta progressivement et atteignit un maximum. Alors la fermentation fut suspendue. Il n'y avait plus d'acide droit dans la liqueur qui, évaporée et mêlée à son volume d'alcool, fournit immédiatement une belle cristallisation de tartrate gauche d'ammoniaque.

Un grand fait nouveau se trouvait dès lors établi : la dissymétrie moléculaire propre aux matières organiques intervenait dans un phénomène d'ordre physiologique, et elle y intervenait à titre de modificatrice des affinités chimiques. Le genre de dissymétrie propre à l'arrangement moléculaire de l'acide tartrique gauche était, à n'en pas douter, la cause unique, exclusive de la différence que cet acide présentait avec l'acide droit, sous le rapport de la fermentation exercée par un ferment qui avait les caractères d'un champignon microscopique. On verra plus tard que les ferments organisés sont presque toujours de petits végétaux microscopiques qui renferment dans leur constitution de la cellulose, de l'albumine, etc., identiques à ces mêmes substances prises dans les végétaux supérieurs et dissymétriques également. On comprend donc, que pour la nutrition du ferment et la formation de ses principes, les mutations chi-

la dissymétrie propre à l'arrangement
moléculaire de l'acide tartrique —

miques soient plus faciles avec un des deux acides tartriques qu'avec son inverse.

L'opposition dans les propriétés des deux acides tartriques droit et gauche, au moment où interviennent des conditions de vie et de nutrition d'un être organisé, se montrèrent plus évidentes encore dans une très curieuse expérience que fit M. Pasteur.

Il avait reconnu le premier que les moisissures peuvent vivre et se multiplier sur un sol purement minéral composé, par exemple, de phosphates de potasse, de magnésie et d'un sel d'ammoniaque à acide organique. Pour un tel développement de vie végétale, il se servit de la graine du penicillium glaucum, — petite moisissure verdâtre que l'on rencontre partout, — et il lui offrit pour tout aliment carboné de l'acide paratartrique. Au bout de peu de temps, l'acide tartrique gauche apparut. Or, l'acide tartrique gauche ne pouvait se montrer qu'à la condition de la décomposition et de la transformation d'une quantité rigoureusement égale d'acide tartrique droit. Le charbon de l'acide tartrique droit fournissait évidemment à la petite plante le charbon dont elle ne pouvait se passer pour constituer ses principes et toute sa trame organique. Si la

petite graine microscopique du penicillium déposée sur ce sol n'était pas formée d'éléments dissymétriques, comme le sont toutes les substances végétales, son développement, sa vie, sa fructification s'accommoderaient aussi bien de l'acide tartrique gauche que de l'acide tartrique droit. Le fait que l'acide tartrique gauche est moins assimilable que son inverse tient uniquement et évidemment à la dissymétrie de tels ou tels des principes immédiats de la petite plante.

Ainsi pour la première fois s'introduisait dans les considérations et les études physiologiques le fait de l'influence de la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels.

M. Pasteur parle toujours avec enthousiasme du grand avenir réservé aux recherches qui auront cette influence pour objet; car la dissymétrie moléculaire est actuellement la seule ligne de démarcation tranchée qui existe entre la chimie de la nature morte et la chimie de la nature vivante.

LES FERMENTATIONS

Arrivé au détour imprévu du chemin qu'il avait suivi, M. Pasteur s'arrêta un instant. S'engagerait-il dans la voie qui s'ouvrait brusquement? Son instinct scientifique l'y poussait. Mais la prudence et la réserve qui sont le fonds de son caractère, toutes les fois qu'il se trouve devant un parti à prendre dont la nécessité ne lui est pas absolument démontrée, le retenaient. N'était-il pas plus sage, ainsi que le lui conseillait M. Biot, de rester dans le domaine de la physique et de la chimie moléculaires? La route était aplanie, le succès était à chaque pas. Un incident universitaire triompha de ses hésitations.

Il venait d'être nommé, à trente-deux ans,

doyen de la Faculté des sciences de Lille. Une des principales industries du département du Nord est la fabrication de l'alcool provenant de la betterave et des grains. M. Pasteur résolut de consacrer une partie de ses leçons à l'étude de la fermentation. Il sentait que s'il était directement utile à ses auditeurs, il attirerait l'attention et la sympathie générales sur la nouvelle Faculté. Le jeune doyen s'applaudissait de son idée et le savant s'en réjouissait davantage. Il était dominé par les réflexions que lui suggérait l'étrangeté du phénomène qu'il venait de rencontrer dans cette influence de la dissymétrie moléculaire des deux acides tartriques en rapport avec la vie d'un être microscopique. Il entrevoyait des clartés nouvelles sur cet obscur problème de la fermentation; il se disait que ce rôle si actif d'un infiniment petit ne devait pas être un fait isolé et qu'il y avait derrière ce phénomène quelque grande loi générale.

I

Tout ce qui a vécu doit mourir, et tout ce qui est mort doit se désagréger, se dissoudre ou se gazéifier : il faut que les éléments qui sont le substratum de la vie puissent entrer dans de nouveaux cycles de vie. Si les choses se passaient autrement, la matière des êtres organisés encombrerait la surface de la terre et la loi de la perpétuité de la vie serait compromise par un épuisement progressif de ses matériaux. Un grand phénomène préside à ce grand œuvre : le phénomène de la fermentation. Mais ce n'est là qu'un mot, et il rappelle simplement les mouvements intestins qui s'emparent spontanément de toute matière organisée, après la mort, sans que la main de l'homme y intervienne. Quelle est donc la cause de toutes ces actions naturelles de fermentation, de putréfaction et de combustion lente ? Où trouver l'explication de la disparition du cadavre ou de la plante tombée ? Où trouver la raison du bouillonnement du moût

de raisin dans la cuve de vendange? de la pâte de farine abandonnée à elle-même qui se soulève et s'aigrit? du lait qui se caille? du sang qui se putréfie? de la paille rassemblée qui devient fumier? des feuilles et des plantes mortes enfouies dans la terre qui se transforment en terreau?

Bien des opinions diverses se sont produites sur ce mystère, avant que la science fût en mesure de l'aborder. A notre époque, et au moment où M. Pasteur fut conduit à l'étudier à son tour, une théorie régnait presque sans partage, théorie fort ancienne et que le chimiste allemand, Liebig, en la rajeunissant, avait dotée de son nom. « Les ferments, disait Liebig, sont toutes ces matières azotées : albumine, fibrine, caséine... ou les liquides qui les renferment, le lait, le sang, l'urine... dans l'état d'altération qu'elles éprouvent au contact de l'air. »

L'oxygène de l'air était, dans ce système, la première cause d'ébranlement moléculaire des matières azotées dont le mouvement se communiquait de proche en proche dans l'intérieur des substances fermentescibles et les résolvait en produits nouveaux.

Ces idées théoriques sur le rôle de l'oxygène de l'air avaient leur point d'appui dans des

expériences faites au commencement du siècle par Gay-Lussac. En examinant les procédés d'Appert pour la conservation des matières animales et végétales, — procédé qui consiste à enfermer ces matières dans des vases hermétiquement clos et chauffés ensuite au bain-marie, à une température suffisamment élevée, — Gay-Lussac avait vu, par exemple, le moût de raisin, qui avait été conservé sans altération pendant une année entière, entrer en fermentation par le seul fait d'avoir été transvasé, c'est-à-dire d'avoir été mis un instant au contact de l'oxygène de l'air. L'oxygène de l'air paraissait donc le *primum movens* de la fermentation.

Les illustres chimistes Berzelius et Mitscherlich envisageaient autrement les phénomènes de fermentation. Ils les rangeaient dans cette classe de phénomènes obscurs désignés sous le nom de phénomènes de contact. Le ferment ne prenait rien et ne cédait rien à la matière fermentescible. C'était une substance albuminoïde douée d'une force dite catalytique ou de présence.

Une remarque bien curieuse avait été faite cependant en France par Cagniard-Latour, et en Allemagne par Schwan. Pour être dans l'exac-

titude des dates, c'est au physicien français Cagniard-Latour que revient le mérite de cette observation qui devait être si féconde. De tous les ferments, un des plus en usage, aussi anciennement connu que le levain de la pâte de farine ou que le lait en train de se cailler, est ce dépôt qui se forme dans les cuves de moût de bière en fermentation et qu'on appelle vulgairement levûre. Revenant sur une observation du naturaliste Leuwenhoeck, Cagniard-Latour vit cette levûre composée de cellules se multipliant par bourgeonnement et il se demanda si la fermentation des sucres n'était pas en rapport avec cet acte de végétation cellulaire. Mais comme, dans les autres fermentations, on n'avait pu reconnaître l'existence de végétations semblables ou d'êtres organisés, même en les recherchant avec soin, l'hypothèse de Cagniard-Latour d'une relation possible entre l'organisation de ce ferment et la propriété d'être ferment fut abandonnée, non sans regret cependant par quelques physiologistes. M. Dumas, par exemple, pressentait qu'il devait y avoir dans les bourgeonnements de globules, dans ce spectacle extraordinaire de végétation et de vie, une explication du phénomène de la fermentation.

Toutefois, je le répète, comme on ne retrouvait rien de pareil partout ailleurs, comme toutes les fermentations présentaient, au contraire, un caractère commun, celui d'exiger pour leur mise en train une matière organique en voie de décomposition, l'hypothèse de Cagniard-Latour resta un simple incident, au lieu d'avoir la valeur d'un principe scientifique.

« D'ailleurs, disait Liebig, entraînant à sa suite l'opinion générale, ce n'est pas parce qu'elle est organisée que la levûre de bière est active, c'est parce qu'elle a été au contact de l'air. C'est la portion morte de la levûre, celle qui a vécu et qui est en voie d'altération, qui agit sur le sucre. »

Les travaux nouveaux publiés sur ce sujet s'accordaient à rejeter l'hypothèse d'une influence quelconque de l'organisation et de la vie dans la cause des fermentations. Ouvrages, mémoires, enseignement dogmatique, tout était favorable aux idées théoriques de Liebig. Si quelques rares observateurs avaient signalé la présence dans certaines fermentations d'êtres organisés vivants, cette présence n'était, dans leur pensée, qu'un fait purement accidentel qui,

…a Fermentation est l'action d'êtres organisés vivants.

loin de favoriser le phénomène d'une fermentation, lui nuisait.

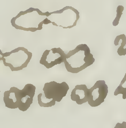
Dès son premier travail sur la fermentation lactique, M. Pasteur fut conduit à une manière de voir entièrement différente. Il reconnut la présence et l'action dans cette fermentation d'un être organisé vivant qui en était le ferment, comme la levûre de bière était le ferment de la fermentation alcoolique. Le ferment lactique était formé de cellules ou plutôt de petits articles étranglés à leur centre, d'une petitesse extrême, n'ayant guère qu'un millième de millimètre de diamètre. Il se reproduisait par scission, c'est-à-dire que le petit article étranglé se séparait en son milieu et formait deux petits globules qui, en s'allongeant un peu et s'étranglant à leur tour, donnaient lieu à deux articles nouveaux, chacun de ceux-ci à deux autres et ainsi de suite. Pourquoi ne les avait-on pas aperçus avant M. Pasteur? Par cette simple circonstance que les chimistes n'avaient jamais observé de production de fermentation lactique qu'avec des matières complexes et notamment en ajoutant à du lait ou à du sucre de la craie, pour maintenir la neutralité du milieu fermentant, et des matières comme la caséine, le gluten,

des membranes animales, toutes substances qui, regardées au microscope, offraient une multitude infinie de granulations minérales ou organiques avec lesquelles se pouvaient confondre les éléments du ferment lactique. Aussi le premier soin de M. Pasteur, pour mettre en évidence la présence du ferment et de sa vie propre, fut-il de remplacer la matière caséeuse et toutes ses congénères par une substance azotée soluble qui permettrait la recherche au microscope de tous les produits cellulaires vivants.

« Il y a des cas, disait M. Pasteur, en 1857, dans un mémoire présenté à l'Académie des sciences, où l'on peut reconnaître, dans les fermentations lactiques, telles qu'elles sont ordinairement pratiquées par les chimistes et les industriels, qu'il y a au-dessus du dépôt de la craie et de la matière azotée une substance grise, formant zone à la surface du dépôt. Son examen au microscope ne permet guère de la distinguer du caséum ou du gluten désagrégé qui a servi à mettre en train la fermentation, de telle sorte que rien n'indique que ce soit une matière spéciale qui ait pris naissance pendant la fermentation. C'est elle néanmoins qui joue le principal rôle. »

Pour isoler cette substance et la préparer à

l'état de pureté, M. Pasteur mit en ébullition un peu de levûre de bière avec quinze à vingt fois le poids d'eau de cette levûre, puis il filtra la liqueur avec soin. Il y fit dissoudre environ 50 grammes de sucre par litre et y ajouta de la craie. Prenant alors, à l'aide d'un tube effilé, une trace de la matière grise dont nous venons de parler, en la retirant d'une bonne fermentation lactique ordinaire, il la déposa, à titre de semence de ferment, dans la liqueur sucrée limpide. Dès le lendemain, une fermentation vive et régulière se manifestait, le liquide se troublait, la craie disparaissait et on distinguait un dépôt qui augmentait continuellement et progressivement, au fur et à mesure de la dissolution de la craie. Ce dépôt, c'était le ferment lactique.



Cette expérience, M. Pasteur la reproduisit en remplaçant l'eau de levûre de bière par des décoctions limpides de matières plastiques azotées. Toujours le ferment offrait le même aspect et la même multiplication. Ces résultats cependant ne contentèrent pas encore M. Pasteur. Il lui fallait plus de rigueur dans un sujet d'une telle importance théorique. Les partisans de la théorie de Liebig ne pouvaient-ils pas arguer,

sinon sans subtilité, du moins avec une apparence de justesse, que la fermentation n'était pas due à la formation et à l'accroissement progressif de ce faible dépôt azoté, globuliforme, mais bien à la matière azotée qui entrait en dissolution au moment de la décoction de la levûre qui avait servi à composer la liqueur? On pouvait jusqu'à un certain point soutenir que ces matières dissoutes qui avaient éprouvé le contact de l'oxygène de l'air étaient entrées en mouvement moléculaire, mouvement qu'elles avaient communiqué à la matière fermentescible et que le dépôt du prétendu ferment organisé n'était qu'un accident, un de ces changements physiques, une de ces précipitations fréquemment observées dans les modifications qu'éprouvent les matières albuminoïdes. En face de l'observation de Cagniard-Latour et de Schwan sur la vie de la levûre de bière, Liebig n'avait pas d'autre idée. On ne saurait nier, disait-il, l'organisation de la levûre, sa multiplication par bourgeonnement, mais ces cellules sont toujours associées à d'autres cellules mortes et en voie d'altération. C'est le mouvement de ces dernières qui se communique aux molécules du sucre, les ébranle et les fait fermenter.

L'argumentation de Liebig trouvait une grande force dans la croyance partagée par tous les chimistes que les cellules de levûre se détruisent pendant la fermentation et fournissent du lactate d'ammoniaque. En revenant sur cette assertion, M. Pasteur reconnut que non seulement il ne se formait pas d'ammoniaque pendant la fermentation alcoolique, mais que, si l'on en ajoutait directement, cette ammoniaque disparaissait pour entrer dans la constitution des nouvelles cellules de levûre. N'était-ce pas là une preuve de la grande puissance d'organisation du ferment ?

Tourmenté cependant à l'idée que, malgré tous ces faits, les raisonnements de Liebig pourraient trouver encore quelque crédit, M. Pasteur s'acharna à découvrir de nouvelles preuves capables de démontrer que la théorie de Liebig était absolument fausse. Il fit deux expériences capitales, l'une relative à la levûre de bière ou levûre alcoolique et la seconde relative à la levûre ou ferment lactique. Il introduisit dans une solution de sucre pur une petite quantité d'un sel d'ammoniaque cristallisable, puis des phosphates de potasse et de magnésie, et il sema dans ce milieu une quantité pour ainsi dire impon-

dérable de cellules de levûre fraîche. Dans ces conditions, les cellules semées se multiplièrent et le sucre fermenta. En d'autres termes, l'azote de l'ammoniaque et le carbone du sucre, le phosphore, le potassium, le magnésium des sels minéraux se réunirent pour constituer les principes chimiques propres aux divers matériaux qui composent le ferment. Par cette expérience si simple, mais si démonstrative, la puissance d'organisation du ferment était désormais établie. La théorie du contact, la théorie de Berzélius, n'avait plus aucun sens, puisqu'il était évident que, dans une telle expérience, la matière fermentescible fournissait au ferment un de ses éléments essentiels, le carbone. La théorie de Liebig qui invoquait un mouvement communiqué, emprunté à une matière albuminoïde azotée, n'avait pas plus de raison d'être, puisque cette matière avait été supprimée. Tout se passait entre le sucre et un germe de ferment qui trouvait sa vie et son développement dans des matières nutritives dont la plus importante était la matière fermentescible. La fermentation enfin apparaissait comme un simple phénomène de nutrition. Le ferment augmentait de poids en se nourrissant de sucre et sa puis-

…ut se passait entre le sucre et un germe … ferment qui y trouvait sa vie … fermentation était un phénomène de nutrition

sance de vie se montrait telle qu'il arrivait à constituer les matériaux si complexes de son organisation à l'aide du sucre et d'éléments purement minéraux.

Dans une seconde expérience relative au ferment lactique, M. Pasteur démontra que, malgré leur petitesse et leur confusion possible avec les granulations amorphes du caséum ou du gluten, les petits articles de ferment lactique étaient bien vivants et que c'était à eux, et à eux seuls, qu'il fallait attribuer la cause de la fermentation lactique. Il mêla à de l'eau sucrée pure une petite quantité d'un sel d'ammoniaque, des phosphates alcalins et terreux et du carbonate de chaux pur obtenu par précipitation. Au bout de vingt-quatre heures, la liqueur commença de se troubler et un dégagement de gaz eut lieu. La fermentation continua les jours suivants. L'ammoniaque disparut, les phosphates et le sel calcaire entrèrent en dissolution; du lactate de chaux prit naissance et corrélativement on vit se déposer le petit ferment lactique. Le germe de la fermentation lactique avait été cette fois emprunté aux poussières des produits mélangés ou répandus sur les vases, ou disséminés dans l'air ambiant. Le chapitre des générations spon-

tanées rendra ce fait de dissémination extrêmement clair.

Il suffit actuellement de constater que les résultats de cette seconde expérience éloignaient de nouveau, d'une manière absolue, toute idée de force de contact ou de mouvement communiqué, et bouleversaient enfin les théories qui régnaient alors dans la science.

II

ferment lactique ferment butyrique

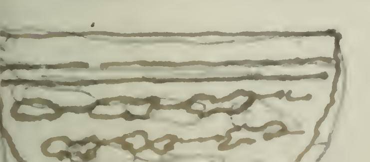
Lorsque, dans un sujet longtemps enveloppé d'obscurités, la lumière se fait tout à coup, l'éclat de cette lumière rejaillit de toutes parts et projette au loin ses reflets. M. Pasteur ne tarda pas à découvrir un nouveau ferment, le ferment de l'acide butyrique. Après avoir montré l'indépendance absolue qui existe entre le ferment qui donne l'acide butyrique et les autres, il établit que le ferment lactique, contrairement à ce que l'on croyait, est incapable de donner lieu à l'acide butyrique et qu'il existe une fermentation butyrique propre ayant pour elle son ferment déter-

miné. Ce ferment est constitué par une espèce du genre vibrion. De petites baguettes cylindriques, translucides, arrondies à leurs extrémités, isolées ou réunies par chaîne de deux, de trois, de quatre bâtonnets, quelquefois même davantage, forment ces vibrions. Ils s'avancent en glissant, le corps droit ou flexueux et ondulé; ils se reproduisent par scission et c'est à ce mode de génération qu'est due la disposition en chaîne d'articles qu'ils affectent à l'ordinaire. Parfois un de ces petits boudins en traîne d'autres à sa suite, s'agite vivement comme pour se détacher. Souvent aussi, le bâtonnet qui s'est rendu indépendant tient encore à sa chaîne par un fil muqueux et transparent.

On peut semer ces sortes de petits infusoires, comme on sème de la levûre de bière ou de la levûre lactique. Si le milieu est approprié à leur nourriture, ils se multiplient à l'infini ; mais le caractère le plus essentiel à signaler est celui-ci : on peut les semer dans un liquide qui ne renferme que de l'ammoniaque et des substances minérales ou cristallisables et la substance fermentescible sucre, acide lactique, gomme, etc. La fermentation butyrique se manifeste en même temps que ces petits êtres se multiplient. Le

poids qui s'en forme est sensible, quoique toujours minime, comparé à la quantité d'acide butyrique produit, comme ce fait d'ailleurs se retrouve dans toute fermentation.

Sans doute, cette expérience se confond à certains égards avec les deux précédentes relatives au ferment alcoolique et au ferment lactique. Elle s'en distingue toutefois par cette circonstance éminemment digne d'attention que le ferment butyrique porte en lui-même, d'une manière irréfutable, par ses mouvements et par son mode de génération, la preuve tangible en quelque sorte de son organisation et de sa vie. Ce n'est pas tout : ce ferment a offert à M. Pasteur une particularité toute nouvelle et bien inattendue. Ces vibrions vivent et se multiplient sans qu'il soit nécessaire de leur fournir la plus petite quantité d'air ou d'oxygène libre. Et non seulement ces vibrions vivent sans air, mais l'air les fait périr et arrête la fermentation qu'ils déterminent. Si l'on fait passer dans la liqueur où ils se multiplient un courant d'acide carbonique pur, pendant un temps quelconque, leur vie et leur reproduction n'en paraissent nullement affectées. Que l'on remplace, au contraire, sans rien changer aux autres conditions de l'épreuve,



le courant d'acide carbonique par un courant d'air atmosphérique, pendant une ou deux heures seulement, les vibrions tombent sans mouvement au fond du vase et la fermentation butyrique, qui était liée à leur existence, se trouve aussitôt arrêtée.

M. Pasteur désigna cette nouvelle classe d'êtres du nom d'êtres *anaérobies,* c'est-à-dire d'êtres pouvant vivre sans air. Il réserva l'expression d'*aérobies,* pour tous les autres êtres microscopiques qui, comme tous les grands êtres de la nature, ne peuvent se passer d'oxygène libre. « Que le progrès de la science, ajoutait M. Pasteur, fasse de ce vibrion une plante ou un animal, peu importe : c'est un être vivant, doué de mouvement, qui vit sans air et qui est ferment. »

En méditant sur de tels faits et sur le caractère général de la fermentation, M. Pasteur ne tarda pas à pouvoir aborder dans sa cause première la nature même de ces mystérieux phénomènes. Comment agissent les êtres microscopiques dans la fermentation ?

L'être microscopique mange, si l'on peut ainsi dire, une partie de la matière fermentescible.

Plante ou animal ? — n'importe

Mais d'où vient donc que ce phénomène de nutrition diffère tant de la nutrition chez les êtres supérieurs ? En général, pour un poids donné de matières nutritives que l'animal ingère, il assimile un poids de même ordre. Dans la fermentation, au contraire, le ferment, en se nourrissant de la matière fermentescible, en décompose un poids considérable, relativement à son propre poids à lui. D'un autre côté, le ferment butyrique vit sans oxygène libre. N'y aurait-il pas, se disait M. Pasteur, une relation cachée entre la propriété d'être ferment et la faculté de vivre sans gaz oxygène libre de l'atmosphère ? Est-ce que les autres vibrions, qui exigent impérieusement pour leur nutrition et leur multiplication la présence du gaz oxygène, ne seraient pas, eux, des vibrions qui n'auraient jamais la propriété d'être ferments ?

M. Pasteur imagina alors une série d'expériences pour mettre en parallèle ces deux faits physiologiques si curieux : la vie sans air et le caractère ferment.

On sait comment se préparent le vin et la bière. Le moût de raisin et le moût de bière sont placés dans des cuves de bois ou dans des tonneaux qui peuvent avoir des dimensions plus

ou moins grandes. Soit que le ferment procède de germes empruntés à la surface extérieure des grappes de raisin ou que l'on ajoute directement une petite quantité de ce ferment sous forme de levûre de bière, comme cela se pratique dans la fermentation du moût de bière, la vie du ferment, sa multiplication, l'augmentation de son poids, sont autant de phénomènes vitaux qui, sans nul doute, ne peuvent emprunter à l'oxygène libre de l'air extérieur ou à celui qui peut se trouver dissous à l'origine dans les moûts une quantité bien appréciable de ce gaz. Toute la vie des cellules du ferment, qui se multiplie à l'infini, paraît donc avoir lieu en dehors du gaz oxygène libre. Dans certaines brasseries de l'Angleterre, les cuves de fermentation de la bière ont quelquefois une capacité de plusieurs milliers d'hectolitres et la fermentation dégage un gaz formé d'acide carbonique pur, qui est beaucoup plus lourd que l'air atmosphérique et qui forme à la surface du liquide dans la cuve une épaisseur capable de garantir la masse liquide du contact de l'air extérieur. Toute cette masse liquide est donc comprise entre des parois de bois et une épaisse couche d'un gaz lourd qui ne contient aucune trace d'oxygène libre. Dans cette

masse néanmoins, la vie des cellules du ferment, la mise en œuvre de tous les produits qui le constituent possèdent pendant plusieurs jours une activité extraordinaire. Certes, voilà bien également la vie sans air et le caractère ferment s'accuse par une différence énorme entre le poids du ferment formé qu'on recueille sous le nom de levûre de bière au fond des cuves, après la fin de l'opération, et le poids de sucre qui a fermenté en se transformant en alcool, en acide carbonique et en divers autres produits.

M. Pasteur a étudié expérimentalement ce qui arrive lorsque, sans rien changer aux conditions générales de ces phénomènes, on en modifie le dispositif en permettant l'accès du gaz oxygène libre de l'atmosphère. Il suffit de provoquer une fermentation de moût de bière ou de moût de raisin, non plus dans des cuves profondes, mais sur des plateaux de verre d'une grande surface ou dans des sortes de bacs en bois à fond plat et à bords de quelques centimètres de hauteur. Dans ces conditions nouvelles, la fermentation prend une activité et une rapidité plus extraordinaires encore que lorsqu'elle se passe dans des cuves profondes. La vie de la levûre est elle-même singulièrement exaltée ; mais voici

la grande différence qui sépare les deux fermentations. Le rapport entre le poids de sucre décomposé et le poids de levûre formé est absolument différent dans les deux cas. Tandis que, dans les cuves profondes, par exemple, et à certains moments de la fermentation, on pourrait constater qu'un kilogramme de ferment décompose 70, 80, 100 et même 150 kilogrammes de sucre, on verrait que, dans les cuves sans profondeur, 1 kilogramme de ferment correspond seulement à 5 ou 6 kilogrammes de sucre décomposé. Ces rapports entre le poids du sucre qui fermente et le poids du ferment qui prend naissance mesure la valeur de ce que l'on peut appeler le caractère propre du ferment, de ce caractère qui éloigne le mode de vie du ferment du mode de vie de tous les êtres, petits ou grands, où les poids des matières qui s'organisent et des matières alimentaires assimilées sont à peu près égaux. En d'autres termes, plus le ferment levûre de bière absorbe pour vivre de gaz oxygène libre, moins est grande sa puissance comme ferment. Tel est le cas des cuves peu profondes et dont la surface très étendue est largement exposée au contact de l'oxygène de l'air. Plus sa vie, au contraire, s'accomplit sans

lors il y a de contact avec l'oxygène. Moins le ferment a de force et agit.

la présence de ce gaz oxygène, plus grande est sa puissance pour décomposer et faire fermenter la matière sucrée. Tel est le cas des cuves profondes. L'intime corrélation entre la vie sans air et la fermentation apparaît ainsi tout entière.

La lumière si inattendue que ces faits venaient de jeter sur la cause des phénomènes de fermentation frappa singulièrement les esprits. « Dans ces infiniment petits de la vie, disait un jour M. Dumas à M. Pasteur, devant l'Académie des sciences, vous avez découvert un troisième règne, celui auquel appartiennent ces êtres qui, avec toutes les prérogatives de la vie animale, n'ont pas besoin d'air pour vivre et trouvent la chaleur qui leur est nécessaire dans les décompositions chimiques qu'ils provoquent autour d'eux. »

Les travaux de M. Pasteur montrant que ce phénomène de fermentation était toujours sous la dépendance de la vie d'un être microscopique se succédaient sans interruption. Une des plus curieuses de ces recherches est celle qui a trait à la fermentation du tartrate de chaux. La rigueur de la démonstration de la vie et de la fermentation, sans que le gaz oxygène libre y

prenne la moindre part, est poussée dans ce mémoire jusqu'aux dernières limites de la précision expérimentale.

III

Etres microscopiques! mêmes que les vibrions!

Mais il est encore une classe de phénomènes chimiques où la vie sans air d'êtres microscopiques se montre pleinement. M. Pasteur prouva que, dans la fermentation spéciale, qui porte le nom de putréfaction, le *primum movens* de la putréfaction résidait dans la présence de vibrions microscopiques. Ces vibrions sont absolument du même ordre que ceux qui composent le ferment butyrique. La fermentation du sucre, de la mannite, des gommes, du lactate de chaux par le vibrion butyrique doit être tellement rapprochée des phénomènes de la putréfaction que l'on pourrait appeler ces fermentations la putréfaction du sucre et des autres produits.

Si l'on a cru devoir donner le nom de putréfaction à la fermentation des matières animales,

fermentation = putréfaction.

c'est que, au moment de la décomposition de la fibrine et de l'albumine, du sang, de la gélatine, de la matière des tendons, etc., le soufre et même le phosphore qui entrent dans leur composition donnent lieu à des odeurs putrides, à des gaz sulfurés et phosphorés d'une grande puanteur.

Les phénomènes de putréfaction n'étant autre chose que des fermentations, différant seulement par la composition chimique des matières fermentantes, Liebig les faisait naturellement rentrer dans sa théorie générale des décompositions des matières organiques après la mort. A une époque bien antérieure aux travaux de M. Pasteur, on avait constaté dans des matières en fermentation et en putréfaction l'existence de champignons ou d'animalcules microscopiques. L'idée que ces êtres pouvaient avoir une part d'influence dans les phénomènes s'était présentée à l'esprit. Les preuves manquaient, mais la notion d'un rapport possible existait. Il faut lire dans ses *Leçons sur la Chimie* avec quel dédain Liebig mentionnait ces opinions hypothétiques :

« Ceux qui prétendent expliquer la putréfaction des substances animales par la présence

d'animalcules, écrivait-il, raisonnent à peu près comme un enfant qui croirait expliquer la rapidité du cours du Rhin en l'attribuant au mouvement violent que les nombreuses roues des moulins de Mayence impriment à l'eau dans la direction de Bingen. Est-il permis de considérer des plantes et des animaux comme des causes de destruction pour d'autres organismes, lorsque leurs propres éléments à eux-mêmes sont condamnés à subir la même série des phénomènes de décomposition que les êtres qui les ont précédés? Si le champignon est la cause de la destruction du chêne, si l'animalcule microscopique est la cause de la putréfaction de l'éléphant mort, je demanderai à mon tour quelle est la cause qui détermine la putréfaction du champignon et de l'animalcule microscopique, lorsque la vie s'est retirée de ces deux êtres organisés? »

Trente-deux ans plus tard et après que M. Pasteur eut accumulé depuis plus de vingt ans preuves sur preuves que la théorie de Liebig ne résistait pas à l'examen, un médecin de Paris, M. Bouillaud, demandait avec sa voix insistante d'octogénaire plein de verdeur :

« Que M. Pasteur nous dise donc ici, en pleine

Académie de médecine, quels sont les ferments des ferments ? »

Avant de répondre à cet argument que Liebig et M. Bouillaud croyaient irréfutable, M. Pasteur, afin de mieux marquer toutes les phases des phénomènes, exposa dans un court préambule le rôle qu'il faut attribuer au gaz oxygène atmosphérique dans la destruction des matières animales et végétales après la mort. Il est aisé de comprendre, en effet, que la fermentation et la putréfaction ne représentent que la première phase du retour à l'atmosphère et au sol de tout ce qui a vécu. Fermentations et putréfactions donnent lieu à des substances qui sont encore fort complexes, quoiqu'elles représentent déjà des produits de décomposition de matières fermentescibles. Quand le sucre fermente, il se gazéifie pour une grande partie de son poids; mais, à côté de l'acide carbonique qui prend naissance et qui déjà pour une part fait que le sucre retourne à l'atmosphère, de nouvelles substances, alcool, acide succinique, glycérine et matériaux de levûre se produisent. Lorsque la chair des animaux se putréfie, des substances de décomposition encore très complexes se forment en même temps que la vapeur

d'eau et les autres gaz de la putréfaction. Où donc la nature trouve-t-elle les agents de destruction de ces produits secondaires?

Le grand fait de la destruction des matières animales ou végétales a lieu par des combustions lentes, par la fixation de l'oxygène atmosphérique. Ici encore, il faut bannir de la science cet ensemble de vues préconçues qui consistait à admettre que l'oxygène s'emparait directement de la matière organisée après la mort et que cette matière cédait à des combustions d'un ordre purement chimique. C'est encore la vie qui préside à ce travail de la mort.

Si la fermentation et la putréfaction sont principalement l'œuvre d'êtres microscopiques anaérobies vivant sans oxygène libre, les combustions lentes se trouvent, elles, sous la dépendance très prépondérante, sinon exclusive, de la classe des infiniment petits aérobies. Ce sont ces derniers qui ont la propriété de fixer l'oxygène de l'air. Ce sont ces organismes inférieurs qui sont les agents puissants du retour à l'atmosphère de tout ce qui a vécu. Moisissures, mucors, bactéries que nous avons déjà signalées, monades qui, pour former un millimètre, devraient être deux mille, tous ces êtres micro-

scopiques se chargent de ce grand travail qui rétablit l'équilibre de la vie en lui rendant tout ce qu'elle a formé.

Pour démontrer ce rôle des êtres microscopiques partout répandus, M. Pasteur fit deux expériences. Il introduisit d'abord dans des vases de l'air privé de toute poussière. Ce procédé d'air pur, nous aurons l'occasion de l'examiner dans tous ses détails à propos des recherches sur les générations spontanées. Dans ces vases au contact de l'air pur étaient de l'eau de levûre de bière avec du sucre en dissolution, du lait, de la sciure de bois..., matières qui avaient été dépouillées par la chaleur de germes d'organismes inférieurs. Vases et matières furent ensuite abandonnés à une température de 25 à 35 degrés. Dans des séries d'expériences parallèles, faites dans les mêmes conditions et aux mêmes températures, M. Pasteur ne prit aucune précaution pour empêcher la germination des petites graines de moisissures en suspension dans l'air ou associées aux matières contenues dans ces vases. Et il n'éloigna pas davantage d'autres germes d'infiniments petits de la classe des aérobies.

Au bout de quelques temps, l'air de tous les



vases des deux séries fut soumis à l'analyse. Fait bien intéressant! Dans les vases où la vie avait été retirée des matières organiques, par la soustraction de tout germe, l'air de ces vases contenait encore de grandes proportions d'oxygène. Dans les vases, au contraire, où des organismes microscopiques avaient pu se développer, l'oxygène était totalement absent et avait été remplacé par du gaz acide carbonique. Bien plus, pour cette absorption et cette fixation totales du gaz oxygène, quelques jours avaient suffi, tandis que, dans les vases sans vie possible d'êtres microscopiques, il restait encore, même après plusieurs années, beaucoup d'oxygène à l'état libre, tant est faible la proportion d'oxygène que les matières organiques fixent directement et chimiquement, lorsque les infiniment petits sont absents.

Mais ces êtres microscopiques, après avoir décomposé ou brûlé tous ces produits secondaires, peuvent-ils se décomposer à leur tour? Comment, s'écriait M. Bouillaud, en répétant sa question, peuvent-ils se détruire et disparaître? Comment leurs matériaux qui sont du même ordre que ceux de tous les êtres de la terre, peuvent-ils se gazéifier et faire retour à l'atmo-

sphère ? Après s'être chargés de la transformation des autres, qui se charge donc de les transformer à leur tour ?

Un ferment qui a achevé son œuvre, répondit M. Pasteur, et qui, faute d'aliments, ne peut plus la continuer devient à son tour un amas de matières organiques pour ainsi dire mortes. Tel serait, par exemple, un amas de levûre exposé à l'air. Abandonnez cet amas à lui-même aux températures de l'été, vous verrez apparaître dans l'intérieur de la masse les vibrions anaérobies et les putréfactions qui sont le phénomène corrélatif de leur vie à l'abri du contact de l'air. En même temps, à la surface de la masse entière, c'est-à-dire de celle qui se trouve au contact immédiat de l'oxygène de l'air, les germes de bactéries, les graines de moisissures germeront et détermineront, en fixant l'oxygène, des combustions lentes qui gazéifieront la matière. Les ferments des ferments sont tout simplement des ferments. Tant que les ferments aérobies de la surface ont à leur disposition de l'oxygène libre, ils se multiplient et continuent leur œuvre de destruction. Les vibrions anaérobies périssent faute de matières nouvelles à décomposer et ils forment à leur tour un amas

de matières organiques, amas qui devient forcément peu à peu l'œuvre des aérobies. La portion des aérobies qui a vécu devient la proie soit de nouveaux aérobies d'espèces différentes ou d'individus de leurs propres espèces, si bien que, de putréfaction en putréfaction, de combustion en combustion, la masse organique du début se trouve réduite à un ensemble de germes d'anaérobies et d'aérobies, de ces mêmes germes qui étaient mêlés aux matières organiques primitives.

Quoiqu'un amas de germes soit encore à son tour un amas de matière organique, pouvant subir la double action des phénomènes de putréfaction et de combustion, il n'y a plus à s'inquiéter de leur destruction ; ils représentent en dernière analyse la vie sous sa forme éternelle; car la vie c'est le germe, et le germe c'est la vie.

Ainsi, dans la destruction de ce qui a vécu, tout se réduit à l'action simultanée de ces trois grands phénomènes naturels : la fermentation, la putréfaction et la combustion lente. Un être vivant vient de mourir : animal ou plante, ou débris de l'un ou de l'autre. Il est exposé au contact de l'air. A la vie qui l'a abandonné va

succéder la vie sous d'autres formes. Dans les parties superficielles et que l'air peut toucher, les germes des infiniment petits aérobies éclosent et se multiplient. Le carbone, l'hydrogène et l'azote de la matière organique se transforment par l'oxygène de l'air, et sous l'influence de la vie de ces aérobies, en acide carbonique, en vapeur d'eau, en gaz ammoniac. Et tant qu'il y aura en présence de la matière organique et de l'air, ces combustions se prolongeront. En même temps que ces combustions superficielles se produisent, la fermentation et la putréfaction font leur œuvre, au sein de la masse, par les germes développés des anaérobies qui, eux, non seulement n'ont pas besoin de l'oxygène pour vivre, mais que l'oxygène fait périr. Peu à peu, à la longue, par ce travail de fermentation sourde et de combustion lente, les phénomènes s'accomplissent. Que ce soit à l'air libre ou sous la terre, toujours plus ou moins imprégnée d'air, toute matière animale et végétale finit par disparaître. Pour que ces phénomènes soient entravés, il faut une température extrêmement basse. C'est ainsi que, dans les glaces du pôle, on a retrouvé, parfaitement intacts, des éléphants antédiluviens. Les organismes microscopiques

ne peuvent pas vivre à une température aussi froide. Ces faits viennent encore fortifier toutes ces idées nouvelles sur l'importance du rôle des infiniment petits qui sont comme les maîtres du monde. Si l'on supprimait leur travail toujours latent, la surface du globe, encombrée de matières organiques, deviendrait inhabitable.

les infiniment petits sont les Maît[res]
du Monde. leurs germes voltigent
partout, tout répandus partout
Sans leur travail de transformation
le globe encombré de matières
organiques serait inhabitable !!!
triste nécessité ! utopie pour certains
souvenirs. . . . . .
le cerveau qui a raisonné, le cœur
a aimé tout réduits en organes hydrogènes
azote servant à des végétaux à des animaux

FERMENTATION ACÉTIQUE

LA FABRICATION DU VINAIGRE

M. Pasteur aborda bientôt après un des plus curieux phénomènes que l'on puisse citer de la fixation de l'oxygène de l'air par un organisme microscopique, — la transformation du vin en vinaigre. Comme son nom l'indique, le vinaigre n'est autre chose que du vin aigri. Il n'est personne qui n'ait remarqué que le vin, abandonné à lui-même dans des circonstances qui se présentent chaque jour, se transforme fréquemment en vinaigre. C'est surtout quand les bouteilles sont en vidange que cette altération se produit. Parfois cependant, le vin s'aigrit en bouteilles, même bouchées. Dans ce

cas, on peut être convaincu que les bouteilles sont restées debout et que des bouchons plus ou moins mauvais ont permis à l'air de pénétrer dans le vin. La présence de l'air, en effet, est indispensable à l'acte chimique de la transformation du vin en vinaigre. Comment cet air intervient-il? Et qu'est-ce que ce petit être microscopique qui, l'air étant intervenu, devient l'agent de cette fermentation?

Dans une leçon célèbre qu'il alla faire à Orléans, à la demande des fabricants de vinaigre de cette ville, M. Pasteur, après avoir posé ces deux interrogations scientifiques, examina d'abord la différence de nature entre le vin et le vinaigre. Que se passe-t-il dans la fermentation du jus de raisin qui donne le vin? Le sucre de ce jus disparaît, pour faire place à du gaz acide carbonique qui s'exhale pendant la fermentation et à de l'alcool qui reste dans le liquide fermenté ou vin. Les anciens chimistes appelaient esprit toute matière volatile que l'on peut recueillir par la distillation. Or, quand on distille le vin et que l'on condense les vapeurs dans un serpentin entouré d'eau froide, on recueille à l'extrémité du serpentin de l'esprit-de-vin, que l'on désigne, une fois débarrassé de l'eau à laquelle

il est mélangé pendant la distillation, sous le nom d'alcool. Le vinaigre, lui, ne renferme plus d'alcool. Si l'on vient à le distiller, il se dégage encore de l'eau et un esprit. Mais cet esprit est acide, très piquant à l'odorat et non inflammable comme l'esprit-de-vin. Séparé de l'eau qui l'a entraîné pendant la distillation, cet esprit porte le nom d'acide acétique. C'est sous cette forme qu'on l'emploie dans les flacons d'odeurs, dans ces flacons de sels anglais dont la vapeur est si pénétrante.

Dans cette transformation du vinaigre, au contact de l'air, l'alcool a disparu et a été remplacé par de l'acide acétique. L'air a donc cédé quelque chose au vin. L'air, tout le monde le sait, est un mélange d'azote et d'oxygène. L'azote y entre pour les quatre cinquièmes du volume total et l'oxygène pour un cinquième. Eh bien! dans la transformation du vin en vinaigre, l'azote demeure inactif. C'est l'oxygène seul qui entre en combinaison avec l'alcool. En voulez-vous la preuve? Prenez une bouteille dont le vin se soit aigri, une bouteille qui soit en même temps hermétiquement bouchée. Si l'oxygène de l'air contenu dans la bouteille s'est fixé sur l'alcool, il ne doit plus y avoir, au lieu d'air,

que du gaz azote. Renversez la bouteille et débouchez-la dans une terrine pleine d'eau. L'eau de la cuve se précipitera dans la bouteille pour combler le vide partiel que la disparition de l'oxygène y a laissé. Le volume d'eau qui rentre dans la bouteille est précisément égal au cinquième du volume primitif total de l'air que contenait la bouteille au moment où elle a été très bien bouchée. En outre, il est facile de montrer que le gaz qui reste dans la bouteille a la propriété du gaz azote. Une allumette enflammée s'y éteint comme si on la plongeait dans l'eau et un oiseau y périt asphyxié sur-le-champ.

Si l'on bornait ses connaissances à ce qui précède, il semblerait que de l'alcool étendu d'eau exposé à l'air dût fournir de l'acide acétique. Il n'en est rien cependant. On pourrait faire séjourner des années entières au contact de l'air de l'eau pure alcoolisée au degré des vins ordinaires, sans que la moindre acétification se produisît. Ici encore, dans cette différence entre le vin naturel et l'eau pure alcoolisée, lorsqu'on les expose au contact de l'air, on touche au point vif des phénomènes de fermentation. La célèbre théorie de Liebig, que devait

détruire M. Pasteur, se résumait ainsi : « Si l'eau alcoolisée pure ne peut s'aigrir au contact de l'air, à la manière du vin, c'est que l'eau pure alcoolisée est privée d'une matière albuminoïde qui, au contraire, existe dans le vin, qui s'y trouve en voie d'altération et qui est un ferment capable de fixer l'oxygène de l'air sur l'alcool. Et la preuve, concluait Liebig, que les choses se passent rigoureusement ainsi, c'est que si vous ajoutez au mélange d'eau et d'alcool un peu de farine ou un peu de jus de viande ou même une portion minime d'un jus végétal quelconque, vous verrez la fermentation acétique prendre naissance pour ainsi dire d'une manière obligée. En d'autres termes, par l'addition d'une petite quantité de toute substance azotée, en voie d'altération, vous provoquez la fixation de l'oxygène de l'air sur l'alcool. »

Sans doute, il existe dans le vin, quand il s'aigrit, un intermédiaire obligé de la fixation de l'oxygène de l'air, puisque dans aucune circonstance, l'alcool pur, à un degré quelconque de dilution dans l'eau pure, ne peut se transformer en vinaigre. Mais cet intermédiaire obligé n'est point, comme le veut la théorie allemande, une substance albuminoïde morte : c'est une

plante; de toutes les plantes, l'une des plus simples et des plus minimes qui soient au monde et qu'on connaît depuis un temps immémorial sous la dénomination vulgaire de fleur du vinaigre. Ce petit champignon est, d'une manière invariable, toujours présent à la surface d'un vin qui se transforme en vinaigre. Liebig n'ignorait pas ce détail, mais ce n'est là, disait-il, qu'une simple coïncidence. Ne sait-on pas, ajoutait-il, que toutes les fois qu'une infusion de matière organique est exposée au contact de l'air, elle se couvre de végétations cryptogamiques ou qu'elle est envahie par une foule d'animalcules? Le vinaigre n'est-il pas une infusion végétale particulière? Le vinaigre donne asile à la fleur du vinaigre, comme il donne asile à ce qu'on appelle les anguillules du vinaigre.

On peut apprécier ici les incertitudes de la méthode de pure observation. Le grand art, — et personne ne l'a mieux pratiqué que M. Pasteur, — consiste à instituer des expériences décisives qui ne laissent aucune place à une interprétation inexacte des faits. Ces preuves péremptoires sur le rôle véritable de ce petit champignon microscopique, de cette fleur du vinaigre, de ce *mycoderma aceti*, les voici,

telles que les a formulées M. Pasteur. Ce n'est qu'un nouvel exemple de la méthode qui lui a servi dans les fermentations alcoolique, lactique, butyrique, tartrique. Les théories de Berzélius, de Mitscherlich et de Liebig devaient recevoir encore, à la démonstration de ces faits rigoureux, un choc des plus rudes.

Que l'on place un peu de vin dans une bouteille, close ensuite hermétiquement et qu'on l'abandonne à elle-même. Dans de telles conditions, le vin s'aigrit. Mais si on a la précaution de mettre la bouteille dans de l'eau très chaude, de manière que le vin et l'air de la bouteille soient chauffés, pendant quelques instants, à une température de 60 degrés et si, après l'avoir fait refroidir, on abandonne la bouteille à elle-même, le vin, dans ces conditions, ne se transformera jamais en vinaigre. Le chauffage a dû cependant laisser intactes les matières de nature albuminoïde ou azotée qui se trouvaient dans le vin. On ne peut donc pas dire que ce sont elles qui constituent le ferment du vinaigre. Peut-on objecter qu'en portant le vin à 60 degrés seulement, on a altéré la matière albuminoïde du vin et que c'est là ce qui s'oppose à ce qu'elle agisse comme ferment, c'est-à-dire comme capable de



déterminer la fixation de l'oxygène de l'air sur l'alcool? Cette hypothèse tombe devant l'essai que voici. Ouvrez la bouteille, soufflez dedans avec un soufflet, pour que le vin chauffé soit au contact de l'air ordinaire, et l'acétification du vin pourra avoir lieu.

Mais voici l'expérience vraiment maîtresse dans le sujet. On sait que l'eau alcoolisée pure ne s'aigrit jamais, à moins qu'on y dépose un peu de matière albuminoïde. Or, M. Pasteur a reconnu que l'on pouvait supprimer complètement cette matière albuminoïde et la remplacer par des substances salines cristallisables, phosphates alcalins et terreux auxquels on adjoint un peu de phosphate d'ammoniaque. Dans ces conditions, surtout si l'on acidule l'eau alcoolisée par de petites quantités d'acide acétique pur, on voit le mycoderme se développer et l'alcool se transformer en acide acétique. Il n'est pas possible de démontrer, d'une façon plus convaincante, que les matières albuminoïdes du vin ne sont pas le ferment de la fermentation acétique du vin. Ces matières albuminoïdes concourent cependant à la fermentation acétique, mais uniquement à titre d'aliment du mycoderma aceti, notamment comme

aliment azoté. Le vrai ferment du vinaigre, le seul, est le petit champignon. C'est lui qui est le grand agent du phénomène, c'est lui qui fait tout.

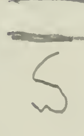
N'est-ce pas un très grand charme de voir les sujets les plus obscurs apparaître nettement à l'éclatante vérité des faits bien compris et bien interprétés? — Dans une bouteille où il y a du vin et de l'air portés à une température de 50 à 60 degrés, le vin ne s'aigrit jamais; c'est que, par la chaleur, les germes du mycoderma aceti, que le vin et l'air peuvent tenir en suspension, perdent toute vitalité. — Ce vin chauffé, mis au contact de l'air ordinaire, peut s'aigrir; c'est que si les germes du mycoderma aceti propres au vin sont tués, il n'en est plus de même de ceux qui peuvent lui venir de cet air ordinaire. — L'eau alcoolisée pure ne s'aigrit jamais, même au contact de l'air ordinaire et des germes que cet air peut y laisser tomber ou qu'elle a pu rencontrer parmi les poussières des vases qui la reçoivent; c'est que ces germes ne sauraient être féconds, puisqu'ils n'ont pas à leur disposition tous leurs aliments indispensables. — Du vin en bouteilles pleines et couchées ne s'acétifie pas; c'est que le mycoderme ne peut se multiplier : l'oxygène lui fait défaut. Sans doute, par

les pores du bouchon, l'air pénètre constamment, mais en quantité toujours si faible que les matières colorées du vin et d'autres encore plus ou moins oxydables s'en emparent, sans en laisser la plus petite quantité aux germes du mycoderme renfermé le plus souvent dans le vin. Quand la bouteille est debout, les conditions sont tout autres. La dessiccation du bouchon le rend beaucoup plus perméable à l'air et les germes du mycoderme de la surface du liquide, s'il en existe en cet endroit, sont enveloppés d'air.

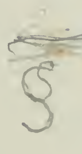
Ainsi, pour résumer en quelques mots les principes qui viennent d'être établis, il est facile de reconnaître que la formation du vinaigre est toujours précédée, sans aucune exception, du développement à la surface du vin d'une petite plante formée d'articles un peu étranglés, d'une ténuité extrême et dont l'accumulation donne lieu tantôt à un voile léger, quelquefois à peine visible, tantôt à un voile ridé de très petite épaisseur, gras au toucher, parce que la plante contient des matières grasses diverses.

Ce cryptogame a la propriété singulière de condenser des quantités considérables de gaz oxygène et d'en provoquer la fixation sur l'al-

cool, ce qui transforme cette dernière substance en acide acétique. Le petit mycoderme n'a pas moins d'exigence que les grands végétaux. Il lui faut, pour vivre, des aliments appropriés; le vin les lui offre en abondance : matière azotée, phosphates de magnésie et de potasse. Il se plaît, en outre, dans les climats chauds. Aussi, pour le cultiver dans les régions tempérées comme les nôtres, est-il bon que les locaux où on l'entretient soient la plupart du temps chauffés artificiellement. Mais si le vin renferme tous les éléments nécessaires à la vie du petit mycoderme, cette vie se développe bien mieux encore quand on rend le vin plus acide par l'acide acétique.



Quoi de plus simple dès lors que de fabriquer du vinaigre de vin? ce vinaigre qui fait à juste titre la réputation de la ville d'Orléans. Prenez du vin et, après l'avoir mélangé dans la proportion d'un quart à un tiers de son volume à du vinaigre déjà formé, semez à sa surface la petite plante ouvrière de l'acétification. Il suffit de prélever un peu du voile mycodermique sur un liquide qui en est recouvert, au moyen d'une spatule de bois, et de le transporter à la surface du nouveau liquide à acétifier. Les matières grasses qu'il contient s'opposent à ce qu'il soit



facilement mouillé. Aussi, quand on plonge dans le liquide la spatule qui en est recouverte, il se détache et s'étale à la surface du nouveau liquide, sans tomber au fond. Quand on opère en été ou en hiver dans une pièce chauffée de 15 à 25 degrés centigrades, déjà, après vingt-quatre ou quarante-huit heures au plus, le mycoderme semé recouvre tout le liquide, tant est rapide et facile son développement. En quelques jours, tout le vin est devenu du vinaigre. L'étendue de la surface du liquide est en quelque sorte sans importance. Ce qui a lieu pour une place a lieu pour la place voisine.

Un jour, dans une discussion qu'il soutenait à l'Académie des sciences, M. Pasteur, voulant affirmer la prodigieuse activité de la vie et de la multiplication de ce petit être, s'exprima ainsi :

« Je me ferais fort de recouvrir de mycoderma aceti, et dans l'intervalle de vingt-quatre heures, une surface de liquide vineux aussi étendue que la salle qui nous rassemble. Je n'aurais qu'à l'ensemencer la veille par petites places à peine visibles de mycoderma aceti de nouvelle formation. »

Que l'on imagine le nombre de milliards et de milliards d'articles du petit mycoderme

qui auraient pris naissance dans cette journée!

Mais où trouver le mycoderme une première fois pour en semer? Rien de plus simple. Le mycoderma aceti est une de ces petites productions dites spontanées que l'on voit se former d'elles-mêmes à la surface des liquides ou infusions propres à leur développement. Dans le vin, dans le vinaigre, en suspension dans l'air, partout, dans nos villes, dans nos ménages, il existe des germes de cette petite plante. Si l'on veut se procurer du mycoderme une première fois, il suffira de placer dans un endroit chaud un mélange de vin et de vinaigre. Dans l'intervalle de quelques jours, on verra le plus souvent, pour ne pas dire toujours, apparaître çà et là de petites taches grisâtres, diffusant la lumière au lieu de la réfléchir comme le fait le liquide voisin des taches. Et ces taches iront s'étendant progressivement et rapidement. C'est le mycoderma aceti, né des semences que le vin ou le vinaigre qui lui a été ajouté renfermait ou que l'air a déposées, à peu près comme on voit la terre des champs se couvrir d'herbes diverses par les graines naturellement éparses dans cette terre ou que le vent ou les animaux y ont apportées. Jusque dans cette dernière circonstance,

la comparaison peut se poursuivre, car, aussitôt que vous placez dans un local chaud du vin et du vinaigre, on voit apparaître bientôt, venant on ne sait d'où, de petites mouches rougeâtres, habituées ordinaires des vinaigreries et de tous les lieux où des matières végétales s'aigrissent. Elles aussi, avec leurs pattes, avec leurs suçoirs, elles peuvent apporter la semence des lieux voisins.

A Orléans, le procédé pour la fabrication du vinaigre est bien simple. Des tonneaux superposés portent sur le fond vertical du devant de la rangée une ouverture circulaire de quelques centimètres de diamètre et un trou plus petit, voisin, appelé *fausset,* pour que l'air puisse sortir ou rentrer, quand la grande ouverture est bouchée, soit par l'entonnoir qui aide à introduire le vin, soit par le siphon qui sert à retirer le vinaigre. On remplit à moitié ces tonneaux dont la capacité est de 230 litres. Le travail de la main-d'œuvre consiste à entretenir dans la vinaigrerie une température convenable et à retirer tous les huit jours environ 8 ou 10 litres de vinaigre que l'on remplace par 8 ou 10 litres de vin.

Un tonneau où a lieu ce va-et-vient de vinaigre et de vin s'appelle une *mère*. Ce n'est pas chose rapide que l'organisation de la mise en train d'une mère. On commence par introduire dans le tonneau que l'on destine à ce rôle 100 litres de très bon vinaigre bien limpide, puis 2 litres de vin seulement. Huit jours après, on ajoute 3 litres de vin, 4 ou 5 litres une semaine plus tard, jusqu'à ce que le tonneau contienne environ 180 à 200 litres. On tire alors pour la première fois du vinaigre, de façon à ramener le volume du liquide à 100 litres environ. C'est à partir de ce moment que la mère travaille et que l'on peut tous les huit jours tirer 10 litres de vinaigre que l'on remplace par 10 litres de vin. C'est le maximum de travail que peut donner un tonneau dans l'espace d'une semaine. Quand les tonneaux fonctionnent mal, et le cas se présente souvent, il est nécessaire de diminuer leur production.

Ce sytème orléanais a bien des inconvénients. Il faut trois ou quatre mois pour constituer ce qu'on appelle une mère. Il faut nourrir cette mère en lui donnant une fois par semaine et très régulièrement du vin à convertir en vinaigre, sous peine de voir cette mère perdre toutes

ses facultés. On est donc obligé de fabriquer en tout temps, la fabrication fût-elle onéreuse. Si l'on doit reconstituer une mère, il faut tout recommencer, comme si cette mère était à créer; nouvelle perte de trois ou quatre mois. Enfin, condition parfois très désagréable, une mère ne peut pas se transporter d'un lieu dans un autre, et même, dans le même local, d'une place à une autre. Toute mère doit être rangée dans la catégorie des immeubles par destination.

M. Pasteur proposa la suppression des mères. Il conseilla des appareils qui sont tout simplement des cuves placées dans une étuve dont la température peut-être portée à 20 ou 25 degrés centigrades. Dans ces cuves on fait un mélange du vinaigre déjà formé avec du vin. On sème à la surface la plante ouvrière de la fabrication. Le moyen d'ensemencer, nous le connaissons. Il suffit de transporter à l'aide d'une spatule un peu du voile mycodermique. Le voile s'étend et le liquide est bientôt recouvert. L'acétification commence avec le développement de la plante.

Un grand négociant d'Orléans, qui s'était inspiré dès les premières années du procédé conseillé par M. Pasteur et qui remporta le prix qu'avait fondé la Société d'encouragement au

bien de l'industrie nationale pour une fabrication industrielle perfectionnée d'après ces principes, disait qu'au bout de neuf à dix jours, quelquefois huit, tout le vin acétifié était converti en vinaigre. Sur 100 litres de vin mis en fabrication, il retirait 95 litres de vinaigre. Après le grand dégagement de chaleur qui a eu lieu au moment de la formation du vinaigre, et qui tient à la combinaison chimique qui s'établit entre l'alcool et l'oxygène de l'air, le vinaigre se refroidit peu à peu. On peut alors le retirer de la cuve, on le fait arriver dans des tonneaux où on le colle et ensuite on le livre clair à la consommation. Une fois la cuve bien vidée et bien nettoyée, on fait un nouveau mélange de vinaigre et de vin, on sème la petite plante et les faits se reproduisent dans cette seconde opération comme ils se sont produits dans la première.

Dans les vases où l'on conserve le vinaigre, soit dans les fabriques ou dans les ménages ou chez les épiciers, il arrive souvent que le vinaigre se trouble et s'affaiblit d'une manière extraordinaire. Il finit même par tomber en putréfaction si l'on ne porte pas un prompt remède au

mal. M. Pasteur a donné une explication très étudiée de la cause de ces phénomènes. Dire que le vinaigre est achevé dans un tonneau ou dans une cuve signifie que tout l'alcool est devenu acide acétique par l'action comburante du mycoderme. Mais que devient donc alors ce mycoderme ? Le plus souvent il tombe au fond du vase, n'ayant plus de travail pour ainsi dire à accomplir. C'est un moment de la fabrication qu'il faut surveiller avec soin. Il est même essentiel de ne pas dépasser l'instant où il ne reste plus d'alcool dans le vinaigre. Il résulte, en effet, des expériences de M. Pasteur que le mycoderma aceti peut également vivre sur le vinaigre tout formé, en gardant sa propriété de fixer l'oxygène sur certains principes du liquide. Dans ce cas, c'est l'acide acétique lui-même qui fait tous les frais de l'action chimique, autrement dit l'oxygène se porte sur le carbone de l'acide acétique et le transforme en acide carbonique et, comme l'acide acétique a une composition qui peut se représenter par du charbon et de l'eau, il en résulte que si on laisse la combustion suivre son cours, au lieu de vinaigre on n'a plus que de l'eau mêlée à quelques petites proportions de matières azotées

et minérales et des débris de mycoderme. On a ainsi une véritable infusion organique ordinaire exempte de toute acidité et qui est on ne peut plus propre à devenir la proie des vibrions de putréfaction ou des mucors aérobies. C'est même à la faveur de ces mucors qui forment peu à peu voile à la surface du liquide, après que le mycoderme est tombé, que les vibrions anaérobies, protégés contre l'action de l'air par ces mucors, peuvent prendre naissance. On retombe ici dans un de ces doubles phénomènes de putréfaction dans les parties profondes et de combustion au contact de l'air. Rien n'est plus préjudiciable à la qualité du vinaigre que le début de cette combustion par l'influence du mycoderme, lorsque le vinaigre est achevé et ne contient plus du tout d'alcool. Les premiers matériaux du vinaigre, sur lesquels se fixe l'oxygène transmis par le mycoderme, sont en effet les principes éthérés et aromatiques qui donnent au vinaigre une valeur recherchée.

Une autre cause de déperdition de la qualité du vinaigre et qui est parfois fort gênante dans le travail des vinaigreries consiste dans la présence si fréquente de petites anguillules, très curieuses à examiner avec une forte loupe, car

leur corps est si transparent qu'on y distingue à l'aise tous les organes intérieurs. Ces anguillules se multiplient avec une rapidité extraordinaire. Il n'existe certainement pas un seul tonneau d'une vinaigrerie du système orléanais qui n'en contienne un nombre effrayant. Avant les travaux de M. Pasteur, l'ignorance était telle au sujet de ces petits êtres qu'on les considérait comme nécessaires à la fabrication, tandis qu'ils en sont, au contraire, des ennemis dangereux, permanents, et dont il faut chercher à se débarrasser. C'est d'ailleurs un soin réclamé par la répugnance qu'inspire l'usage d'un liquide souillé par la présence de tels animaux, répugnance presque invincible quand on a examiné au microscope une goutte de vinaigre qui en est chargé. Le rôle nuisible de ces petits êtres dans la fabrication du vinaigre résulte de ce que ces anguillules ont besoin d'air pour vivre. On s'en rend compte aisément en remplissant complètement de vinaigre un flacon que l'on bouche ensuite et que l'on compare à un flacon pareil, où l'on a mis le même vinaigre, mais en y laissant de l'air et non bouché. Dans le premier flacon, en très peu de jours, toutes les anguillules, après avoir eu des mouvements de plus en

plus lents, ne se reproduisent plus et tombent toutes sans vie au fond du vase. Dans le second flacon, au contraire, elles continuent de pulluler et de se mouvoir. Ce besoin d'oxygène se manifeste encore par cette circonstance que si le vinaigre est en certaine épaisseur dans le flacon, la vie est suspendue dans les profondeurs et les anguillules, afin de mieux respirer, forment une zone grouillante dans les couches superficielles du liquide.

Si l'on rapproche ces observations de cet autre fait que le vinaigre se forme par l'action du voile mycodermique à la surface, on comprend tout de suite que le mycoderme et les anguillules se contrarient sans cesse, puisque ces deux productions vivantes, l'une animale, l'autre végétale, ont chacune un impérieux besoin du même aliment oxygène et qu'elles habitent les mêmes couches superficielles. Cette circonstance donne lieu à de très curieux phénomènes. Lorsque, pour un motif ou pour un autre, le voile de mycoderme n'est pas formé ou qu'il tarde à se produire, les anguillules envahissent en si grand nombre les couches supérieures du liquide qu'elles absorbent tout l'oxygène et qu'elles n'en laissent pas à la petite

plante qui a par conséquent une grande peine à se développer ou même à commencer sa vie. Réciproquement, lorsque le travail de l'acétification est actif, que le mycoderme a pris le dessus, il chasse progressivement les anguillules qui se réfugient non dans les profondeurs où elles périraient, mais contre les parois humides du tonneau ou des cuves. On les voit former une couronne blanchâtre épaisse toute mouvante. C'est un fort curieux spectacle. A cette place, leur ennemi, le mycoderme, ne peut plus leur nuire, du moins au même degré, puisqu'elles sont entourées d'air, et elles attendent là avec impatience le moment où elles pourront reprendre leur place dans le liquide et combattre à leur tour la vie du mycoderme. Dans le procédé des cuves de M. Pasteur, cuves très souvent nettoyées, on se préserve aisément de ces petits animaux. Le temps leur manque pour se multiplier de façon à être nuisibles. On ne les voit même pas apparaître, si le travail est bien dirigé.

Presque tous les travaux de M. Pasteur ont subi, dès leur apparition, des critiques souvent ardentes. Par leur nouveauté, ils heurtaient des

préjugés et des explications erronées qui avaient cours dans la science. Ses recherches sur les fermentations provoquèrent de vives oppositions. Liebig n'accepta pas sans récrimination un ensemble d'études qui toutes concouraient à renverser la théorie qu'il avait édifiée et défendue dans tous ses ouvrages. Après avoir gardé un silence de dix années, il fit paraître à Munich, où il professait, un long mémoire dirigé d'un bout à l'autre contre les travaux de M. Pasteur. M. Pasteur, en 1870, à la veille de la guerre, au moment où il revenait d'un voyage scientifique en Autriche, voulut passer par Munich, pour essayer de convaincre un adversaire aussi en vue que Liebig. Liebig le reçut avec une grande courtoisie; mais, relevant à peine d'une maladie, il allégua sa convalescence et refusa toute discussion. La guerre franco-allemande survint.

A peine était-elle terminée que M. Pasteur porta, devant l'Académie des sciences de Paris, la défense de ses études dans une sorte de défi à son éminent contradicteur. Le travail de Liebig était rempli des arguments les plus habiles.

« J'y ai songé pendant près de dix années avant de le produire, » écrivait-il. M. Pasteur, laissant de côté toutes les subtilités, alla droit

aux deux objections du chimiste allemand qui résumaient le fond du débat.

On se rappelle peut-être quelle a été, dans l'étude des fermentations, la plus décisive des preuves par lesquelles M. Pasteur avait ruiné la théorie de Liebig. Cette preuve est celle qui résulte des expériences où, pour chaque fermentation déterminée, M. Pasteur avait fait vivre le ferment à l'aide de principes minéraux et de la matière fermentescible. En éloignant toute matière organique azotée qui, dans la théorie de Liebig, constitue le ferment, M. Pasteur prouvait tout à la fois et la vie du ferment et l'absence de toute action d'une matière albuminoïde en voie d'altération. La première objection de Liebig contestait formellement que M. Pasteur eût pu produire de la levûre de bière et la fermentation alcoolique dans un milieu minéral sucré où était semée une quantité pour ainsi dire infiniment petite de levûre. Il est certain que, dix années auparavant, lorsque M. Pasteur annonça la vie de la levûre et la fermentation alcoolique dans de telles conditions, son expérience était d'une réalisation difficile. Il arrivait à M. Pasteur lui-même d'échouer, quand il essayait de la reproduire. Les cellules de levûre, semées dans ce

milieu minéral sucré, se trouvaient souvent immédiatement associées à d'autres organismes microscopiques qui apparaissaient dans l'infusion sucrée et nuisaient singulièrement à la vie de la levûre. M. Pasteur était loin, à cette époque, d'être familiarisé avec la délicatesse qu'exige ce genre d'études et il ne connaissait pas encore toutes les précautions qu'il indiqua plus tard et qui étaient indispensables à leur succès. Quoique, dans son travail original de 1860, M. Pasteur eût fait toucher du doigt les difficultés de son expérience, ces difficultés n'en existaient pas moins. Liebig s'en empara habilement, les exagéra, ne vit qu'elles, pour ainsi dire, et assura qu'on n'avait jamais pu obtenir les résultats annoncés. Mais, en 1871, l'expérience fondamentale de M. Pasteur sur la vie de la levûre dans un milieu minéral sucré était devenue pour lui un jeu. Il savait exactement former des milieux privés de tous germes étrangers, préparer de la levûre pure et s'opposer à toute introduction dans les vases de germes nouveaux pouvant se développer dans les liquides employés, et gêner par suite la vie de la levûre.

« Choisissez, dit-il à Liebig, dans le sein de l'Académie un ou plusieurs de ses membres en

leur demandant de se prononcer entre vous et moi, je suis prêt à préparer devant vous et devant eux, dans un milieu minéral sucré, autant de levûre de bière que vous pourrez raisonnablement en demander et avec des substances que vous aurez vous-même fournies. »

La seconde objection du mémoire de Liebig était relative à la fermentation acétique. Il existe un procédé d'acétification fort répandu en Allemagne et même en France que l'on désigne sous le nom de procédé par les copeaux de hêtre. Il consiste à faire écouler lentement dans des tonneaux ou dans des cuves remplis de copeaux de hêtres rassemblés sans ordre ou disposés par assises, après avoir été roulés comme des ressorts de montre, de l'alcool étendu d'eau additionné de quelques millièmes d'acide acétique. Des ouvertures pratiquées dans la paroi du tonneau et dans un double fond sur lequel reposent les copeaux permettent l'accès de l'air qui s'élève dans le tonneau, comme il ferait dans une cheminée, en cédant tout ou partie de son oxygène à l'acool pour le convertir en acide acétique. Tous les auteurs et particulièrement Liebig prétendaient, avant les travaux de M. Pasteur, que les copeaux agissaient comme des corps poreux

à la manière du platine très divisé. L'acide acétique, disaient-ils, se formait par une oxydation directe, sans autre influence que la porosité du bois. Cette manière de voir paraissait d'autant mieux établie que, dans diverses fabriques, l'alcool que l'on emploie provient de flegmes, c'est-à-dire d'alcools de distillation qui ne renferment pas de substances albuminoïdes. En outre, la durée des copeaux est en quelque sorte indéfinie.

Selon M. Pasteur, les copeaux n'ont dans la fabrication qu'un rôle passif. Ils permettent la division du liquide, une augmentation considérable de la surface exposée à l'air et ils servent de support au ferment qui est encore, selon lui, le mycoderma aceti, sous la forme muqueuse qui lui est propre toutes les fois qu'il est submergé.

Certes, les apparences sont loin d'être favorables à cette manière de voir. Lorsqu'on examine, en effet, les copeaux d'un tonneau en travail depuis plusieurs mois ou même depuis plusieurs années, on les trouve d'une propreté extraordinaire. On dirait qu'ils viennent d'être lavés avec beaucoup de soin. M. Pasteur a montré que ce n'est là qu'un aspect trompeur

et qu'en réalité beaucoup de ces copeaux sont en partie ou en totalité recouverts à leur surface d'une pellicule muqueuse de mycoderma aceti, d'une ténuité excessive. Il faut racler un peu la surface du bois avec un scalpel et examiner au microscope pour s'assurer de la présence de cette pellicule.

Liebig, qui parle quelque part, non sans un certain dédain, du microscope, nia formellement l'exactitude de ces assertions :

« Avec l'alcool dilué qui sert à la fabrication rapide du vinaigre, écrivait-il, les éléments de nutrition du mycoderme sont exclus et le vinaigre se fait sans son intervention. » Il assurait, en outre, dans son mémoire de 1869, qu'il avait consulté le chef d'une des plus grandes fabriques de vinaigre qui soient en Allemagne ; que, dans cette fabrique de Munich, l'alcool dilué ne recevait, pendant tout le cours de sa transformation, aucune addition étrangère et qu'en dehors de l'air et des surfaces de bois et de charbon, — car le charbon est parfois associé aux copeaux de hêtre, — rien ne pouvait agir sur cet alcool. Liebig ajoutait que le directeur de la fabrique ne croyait nullement à la présence du mycoderme et qu'enfin, lui, Liebig, en

examinant les copeaux qui servaient depuis vingt-cinq ans dans la fabrique, n'avait vu à leur surface aucune trace de mycoderme.

L'argumentation paraissait péremptoire. Comment comprendre, en effet, la naissance d'une plante renfermant de l'azote et des éléments minéraux qui serait alimentée par de l'eau et de l'alcool ?

« Vous ne tenez pas compte, lui répondit M. Pasteur, de la nature de l'eau qui sert à diluer l'acool. Cette eau, comme toutes les eaux ordinaires, même les plus pures, renferme des sels d'ammoniaque et des matières minérales qui peuvent nourrir la plante, comme j'en ai donné, le premier, la démonstration directe. Enfin, vous avez mal observé la surface des copeaux au microscope. Si vous aviez examiné avec soin la raclure de la surface de ces copeaux, le microscope vous y aurait fait voir les petits articles du mycoderma aceti, réunis même quel quefois en pellicule très mince qui peut se soulever. D'ailleurs, ajoutait-il, je vous propose d'envoyer à la commission académique, chargée de trancher le débat, après les avoir fait sécher rapidement dans une étuve, des copeaux que vous aurez prélevés vous-même dans la fabrique

de Munich, en présence de son directeur. Je ferai voir aux membres de la commission la présence du mycoderme à la surface de ces copeaux. »

Liebig n'accepta pas ce défi. Aujourd'hui le débat est jugé.

LA QUESTION

DES GÉNÉRATIONS SPONTANÉES

« Tout corps sec, disait Aristote, qui devient humide et tout corps humide qui se dessèche, engendre des animaux. » Les abeilles, selon Virgile, naissent des entrailles corrompues d'un jeune taureau. Au temps de Louis XIV, on n'était guère plus avancé. Un célèbre médecin alchimiste, Van Helmont, écrivait : « Les odeurs qui s'élèvent du fond des marais produisent des grenouilles, des limaces, des sangsues, des herbes et bien d'autres choses encore. » Mais ce qui était plus extraordinaire, c'était la véritable recette que donnait Van Helmont pour avoir une potée de souris. Il suffisait de comprimer une chemise sale dans l'orifice d'un vase conte-

nant des grains de blé. Le ferment sorti de la chemise sale, modifié par l'odeur du grain, donnait lieu à la transmutation du froment en souris, après vingt et un jours environ. Van Helmont, qui affirmait avoir vu le fait, ajoutait avec assurance :

« Les souris naissent adultes ; il en est de mâles, il en est de femelles. Pour reproduire l'espèce, il leur suffit de s'accoupler.

« Creusez, disait-il encore, un trou dans une brique, mettez-y de l'herbe de basilic pilée, appliquez une seconde brique sur la première, de façon que le trou soit parfaitement couvert ; exposez les deux briques au soleil, et, au bout de quelques jours, l'odeur de basilic, agissant comme ferment, changera l'herbe en véritables scorpions. »

Un naturaliste italien, Redi, fut le premier qui apporta dans cette question de la génération spontanée un examen un peu plus attentif. Observant les vers de la chair en putréfaction, il fit voir que ces vers ne naissaient pas spontanément, qu'ils étaient des larves d'œufs de mouches. Pour empêcher les vers de naître, Redi démontra qu'il suffisait d'entourer d'une gaze fine la chair avant de l'exposer à l'air.

Vous d'aubigné page 82 ligne 16

Aucune mouche ne venant se poser sur cette chair protégée, il n'y avait point d'œufs déposés, et par conséquent ni larves ni vers. Mais, au moment où la question de la génération spontanée allait s'amoindrissant, circonscrivant de plus en plus son domaine, la découverte du microscope vint apporter à cette doctrine réfugiée dans de petits retranchements de nouvelles et formidables ressources. En présence de ce monde d'animalcules, les partisans de la génération spontanée triomphèrent :

« Nous avons pu, disaient-ils, nous tromper sur l'origine des souris, des vers ; mais est-il possible de croire que l'origine des êtres microscopiques ne soit pas le fait d'une génération spontanée ? Comment expliquer autrement leur présence et leur pullulation dans toute matière animale ou végétale morte en voie de décomposition ? »

Buffon apporta à l'appui de la doctrine de la génération spontanée l'autorité de son nom. Il érigea même tout un système pour soutenir cette hypothèse. En 1745, deux abbés luttèrent vivement ensemble pour attaquer ou défendre cette question. Pendant que Needham, prêtre catholique anglais, adoptait la doc-

trine de la génération spontanée, le prêtre italien Spallanzani la combattait énergiquement ; mais, bien que Spallanzani fût resté maître de sa thèse aux yeux du public, sa victoire était plus apparente que réelle, plus dans les mots que dans les faits.

Le problème reparut plus pressant que jamais en 1858. M. Pouchet, directeur du Muséum d'histoire naturelle de Rouen, correspondant de l'Académie des sciences, déclara à cette Académie qu'il avait réussi à démontrer, d'une façon certaine, absolue, l'existence d'êtres microscopiques venus au monde sans germes, par conséquent sans parents semblables à eux.

Comment M. Pasteur se jeta-t-il dans cette discussion ? Comment fut-il conduit à s'occuper d'une question aussi ardue et au premier abord aussi éloignée de ses travaux ? Les résultats de ses recherches sur les fermentations lui en firent une sorte de devoir. Il y était amené par une série de déductions logiques. Qu'on se rappelle, par exemple, cette expérience dans laquelle M. Pasteur expose, à la chaleur de l'été, de l'eau sucrée, mêlée des phosphates de potasse et de magnésie, d'un peu de sulfate d'ammoniaque et du carbonate de chaux. Dans

ces conditions, on voit souvent se développer la fermentation lactique, c'est-à-dire que le sucre devient de l'acide lactique qui s'unit à la chaux du carbonate pour former du lactate de chaux. Ce sel cristallise en longues aiguilles et finit parfois par remplir tout le vase, en même temps que prend naissance et se multiplie un petit être organisé, le ferment lactique. Si l'on pousse plus loin l'expérience, une autre fermentation succède d'ordinaire à celle-ci. Des vibrions mobiles se montrent, se multiplient; le lactate de chaux disparaît, la fluidité revient dans la masse et ce lactate se trouve remplacé par du butyrate de chaux. Quelle suite d'étranges phénomènes! Comment la vie a-t-elle apparu dans ce milieu sucré, de composition si simple à l'origine et surtout si éloigné en apparence de toute production de vie? Ce ferment lactique, ces vibrions butyriques, d'où viennent-ils? Se sont-ils formés d'eux-mêmes ou proviennent-ils de germes? Mais ces germes eux-mêmes, d'où sortent-ils?

Cette question de l'apparition des ferments organisés vivants était devenue, pour M. Pasteur, la question maîtresse, la plus grande difficulté des fermentations, puisque dans toutes

les fermentations M. Pasteur voyait s'établir une corrélation entre l'action chimique des décompositions et la présence d'êtres microscopiques. Avant de telles constatations, ces difficultés n'existaient pas. La doctrine allemande, la théorie de Liebig, était universellement répandue. Ce n'était pas, dans ce système, la vie qui présidait à la fermentation, c'était une matière organique, azotée, albumine, fibrine, caséine, etc., ou des liquides contenant des substances de cet ordre, tels que le lait, le sang, l'urine qu'il suffisait d'exposer à l'air pour en faire des ferments. Pour tout dire en une ligne, les ferments étaient des substances chimiques mortes en voie d'altération.

Dans le rôle des fermentations, la question de l'origine des êtres microscopiques s'imposait donc à M. Pasteur comme une nécessité inévitable. Il ne pouvait pas, dans sa pensée, aller plus loin avant d'avoir abordé un tel problème.

Au mois d'octobre 1857, M. Pasteur fut appelé à Paris. Après avoir été un doyen invraisemblablement jeune, il était maintenant chargé à l'École normale supérieure des études scientifiques, à l'âge de trente-cinq ans. Mais

si ce titre était flatteur, il ne donnait pas à M. Pasteur ce que M. Pasteur désirait le plus. Comme il n'avait point de chaire, il n'avait point de laboratoire. C'était dans cette phase fatale où la science et l'enseignement supérieur étaient délaissés. C'était l'époque où Claude Bernard vivait dans un laboratoire étroit et humide, où M. Berthelot, déjà connu par de grands travaux, n'était encore qu'un préparateur au Collège de France, où un ministre de l'instruction publique disait à M. Pasteur :

« Il n'y a pas de rubrique au budget pour vous allouer 1,500 francs par an comme frais d'expériences. »

M. Pasteur n'hésita pas à faire construire, avec ses propres ressources, un laboratoire dans un des greniers de l'École normale; mais on devine sans peine quelle fut la modestie d'un tel aménagement dans une telle place. Partageant sa vie entre ses devoirs professionnels et ses expériences de laboratoire, M. Pasteur ne sortait guère que pour s'entretenir de ses recherches quotidiennes avec M. Biot, M. Dumas, M. de Senarmont et M. Balard. M. Biot était surtout son confident habituel. Le jour où M. Biot apprit que M. Pasteur se proposait d'étudier

l'obscure question des générations spontanées, il le dissuada vivement de s'engager dans une pareille voie.

« Vous n'en sortirez pas, lui disait-il, vous perdrez votre temps. » Et comme M. Pasteur essayait quelques observations timides, s'efforçant de démontrer que, dans l'ordre de ses études, il lui était indispensable d'attaquer ce problème, M. Biot s'emporta. Doué, comme l'a dit Sainte-Beuve, de toutes les qualités de curiosité, de finesse, de pénétration, d'exactitude ingénieuse, de méthode et de clarté, de toutes les qualités enfin essentielles et secondaires, M. Biot traita d'aventure orgueilleuse, de folie le projet de M. Pasteur.

Plus hardi que M. Biot, mais d'une circonspection toujours en éveil, M. Dumas déclara à M. Pasteur, sans du reste insister autrement, qu'il ne conseillerait à personne de rester trop longtemps dans un pareil sujet. Seul, M. de Senarmont prit la défense de M. Pasteur et dit à M. Biot :

« Laissez faire Pasteur. S'il ne trouve rien dans la voie où il s'engage, soyez tranquille, il n'y restera pas. Mais, ajoutait-il, je serais surpris qu'il ne trouvât rien. »

M. Pouchet avait nettement abordé le problème :

« Les adversaires de la génération spontanée, disait-il, prétendent que les germes des êtres microscopiques existent dans l'air, que l'air les charrie, les transporte à distance. Eh bien! que diront ces adversaires si je parviens à déterminer la génération de quelques êtres organisés en substituant un air artificiel à celui de l'atmosphère? »

M. Pouchet imagina alors cette expérience fort ingénieuse. Il remplit un flacon d'eau bouillante, le boucha hermétiquement avec la plus grande précaution et le plongea renversé dans une cuve à mercure. Lorsque l'eau fut totalement refroidie, il déboucha ce flacon sous le métal et introduisit à l'intérieur un demi-litre de gaz oxygène pur, de ce gaz qui est la partie vitale et salubre de l'air, aussi nécessaire à la vie des êtres microscopiques qu'il l'est à la vie des grands animaux et des grands végétaux. Jusqu'à présent, il n'y avait dans le vase que de l'eau pure et du gaz oxygène. M. Pouchet introduisit alors une petite botte de foin pesant quelques grammes. La botte avait été renfermée dans un flacon bouché à l'émeri et sortant d'une

étuve chauffée longtemps à plus de 100 degrés. Au bout de huit jours, il y avait dans cette infusion de foin une moisissure développée. D'où venait-elle? s'écriait victorieusement M. Pouchet. Ce n'était assurément pas de l'oxygène, oxygène que M. Pouchet avait fait naître d'une combinaison chimique à la température de l'incandescence. L'eau qui avait été placée bouillante était également privée de germes, puisqu'à une température pareille, pensait-il, tout germe eût été cuit. Le foin ne pouvait pas davantage en contenir. Il sortait d'une étuve chauffée à 100 degrés. Comme on disait cependant que certains êtres chauffés à 100 degrés trouvent le moyen de résister à un pareil traitement, M. Pouchet chauffa le foin à 200, à 300 degrés, à tous les degrés que l'on voulut.

M. Pasteur vint troubler le triomphe de M. Pouchet.

« Oui, dit M. Pasteur, dans une leçon retentissante qu'il fit, en 1864, à la Sorbonne, devant un public immense composé de savants, de philosophes, de femmes du monde, de prêtres et de romanciers, — Alexandre Dumas était au premier rang, — tous avides de vérité, remués par tous les problèmes qu'agitait une telle ques-

tion, oui, l'expérience ainsi conduite est irréprochable, mais irréprochable seulement sur tous les points qui ont attiré l'attention de l'auteur. Je vais démontrer qu'il y a une cause d'erreur que M. Pouchet n'a pas aperçue, dont il ne s'est pas le moins du monde douté, dont personne ne s'était douté avant lui, et cette cause d'erreur rend son expérience complètement illusoire, aussi mauvaise que celle du pot de linge sale de Van Helmont : je vais vous montrer par où les souris sont entrées. Je vais démontrer que, dans toute expérience de ce genre, il faut absolument proscrire l'emploi de la cuve à mercure. Je vais vous démontrer enfin que c'est le mercure qui apporte dans les vases les germes ou plutôt, pour que mon expression n'aille pas au delà du fait démontré, les poussières qui sont en suspension dans l'air. »

Pour rendre visibles les poussières en suspension, M. Pasteur, après avoir fait l'obscurité dans la salle, perça cette obscurité d'un faisceau de lumière. Alors apparurent, dansant et tourbillonnant dans les rayons lumineux, mille petits brins de poussière.

« Si nous avions le temps de les bien regarder, continua M. Pasteur, nous les verrions,

quoique agités de mouvements divers, tomber plus ou moins vite. C'est ainsi que se couvrent de poussière tous les objets, ces meubles, cette table, le mercure de cette cuve. Depuis que ce mercure est sorti de sa mine, que de poussières il a reçues, indépendamment de celles qui s'incorporent sans cesse dans l'intérieur du métal par l'effet des manipulations nombreuses auxquelles il est soumis dans le laboratoire! Il n'est pas possible de toucher à ce mercure, d'y placer la main, un flacon, sans introduire dans l'intérieur de la cuve les poussières qui sont à la surface. Vous allez voir ce qui se passe. »

Alors, projetant, au milieu d'une profonde obscurité, le jet de lumière sur la cuve à mercure et le métal liquide apparaissant dans son éclat habituel, M. Pasteur saupoudra de poussières le mercure. Puis il prit un bâton de verre et l'enfonça. Toutes les poussières cheminèrent et se dirigèrent du côté de l'endroit où plongeait le bâton de verre. Toutes pénétrèrent dans l'espace contenu entre le verre et le mercure.

« Oui, s'écria M. Pasteur, d'une voix vibrante et grave où l'on sentait toute sa probité de savant convaincu, oui, M. Pouchet avait éloigné les germes de l'eau, du foin, mais ce qu'il

n'avait pas éloigné, c'étaient les poussières qui se trouvaient à la surface du mercure. Et voilà quelle a été la cause de l'erreur, voilà ce qui détruit tout le système! »

M. Pasteur institua des expériences toutes semblables à celles de M. Pouchet, mais en éloignant d'une manière absolue les causes d'erreur qui avaient échappé à ce dernier. Il prit également un ballon de verre, mais à col allongé, qu'il recourba et fit communiquer avec un tube de platine disposé sur un fourneau, de façon qu'on pût le chauffer à une température élevée et même voisine du rouge. Dans le ballon, il avait placé des liquides très putrescibles, de l'urine, par exemple. Lorsque le fourneau qui entourait le tube de platine fonctionna, M. Pasteur fit bouillir l'urine pendant quelques minutes; puis il laissa refroidir le liquide, mais sans arrêter le feu qui chauffait le tube de platine. Pendant le refroidissement du ballon, contenant l'urine, l'air extérieur y rentrait, mais après avoir passé par le tube de platine rougi. Dans ces conditions, l'urine se trouvait mise au contact d'un air chauffé, mais dont tous les germes qu'il pouvait tenir en suspension se trouvaient brûlés.

Dans une expérience ainsi faite, l'urine ne s'altère jamais, elle éprouve seulement une très faible oxydation directe qui fonce un peu sa couleur, mais elle n'éprouve de putréfaction d'aucune sorte. Lorsqu'on veut répéter cette expérience avec des liquides alcalins, tels que le lait, la température d'ébullition doit être un peu dépassée, circonstance facile à réaliser avec l'appareil qui vient d'être décrit. On ajoute à l'extrémité libre du tube de platine un tube de verre recourbé à angle droit, plongeant de quelques décimètres dans une cuve à mercure profonde, tant que dure l'ébullition du lait. Cette ébullition se fait alors sous une pression plus grande que la pression atmosphérique et, par conséquent, à une température plus élevée que 100 degrés.

Mais il fallait établir que les poussières qui flottent dans l'air renferment des germes d'organismes inférieurs. M. Pasteur plaça dans un tube une bourre de coton et aspira, à l'aide d'une petite trompe à eau, de l'air qui était obligé de passer dans le tube où il se filtrait pour ainsi dire en déposant toutes ses poussières dans la bourre. Prenant alors un verre de montre, M. Pasteur mit sur ce verre une goutte

d'eau, y plaça un instant la bourre de coton, la reprit légèrement humide, la malaxa et fit tomber sur une lamelle de verre cette goutte d'eau salie. M. Pasteur ajouta sur le verre une seconde, puis une troisième goutte et finit par extraire et rassembler sur la lamelle presque toutes les poussières contenues dans la bourre. L'opération est simple et chacun peut la faire. Si l'on observe alors au microscope une goutte prise sur la lamelle, on distingue des fragments de suie, des débris de laine, de soie, de coton, tout ce qu'on pourrait appeler les poussières mortes, et, au milieu de ces poussières mortes, apparaissent des poussières vivantes, c'est-à-dire des êtres appartenant au règne végétal ou au règne animal, des œufs d'infusoires et des spores de cryptogames. Germes, animalcules, flocons de moisissures se trouvent répandus dans l'atmosphère, prêts à tomber dans le milieu qui leur est propre et à se développer prodigieusement.

Ces petits corps d'apparence organisée que l'on rencontre associés au milieu de poussières amorphes et qu'on recueille sur la bourre de coton, sont-ils bien des germes d'êtres microscopiques? Si l'expérience renouvelée de celle de

M. Pouchet est irréprochable, l'interprétation que lui donnait M. Pasteur n'était peut-être pas rigoureusement démontrée. En face du problème de l'origine de la vie, toutes les hypothèses sont possibles, tant que la vérité n'a pas été mise en pleine lumière. On pouvait donc dire à M. Pasteur : Oui, si l'air qui a passé à travers un tube de platine contient des germes et qu'il soit mis ensuite au contact d'un liquide tel que l'urine, préalablement porté à l'ébullition, il est clair que cet air ne peut provoquer ni fermentation, ni putréfaction, ni formation d'organismes, parce que les germes de ces derniers, qui étaient en suspension dans l'air, ont perdu toute vitalité en passant à travers le tube du platine rougi au feu. Mais de quel droit parlez-vous de germes? Qui vous dit que, pour déterminer l'existence et l'apparition d'un être microscopique dans un liquide putrescible ou fermentescible, il faille, comme vous le prétendez, l'existence préalable de germes? Le *primum movens* de la vie des êtres microscopiques ne peut-il pas consister tout entier dans un milieu approprié, mis en activité par un certain fluide, magnétisme, électricité, ozone même? Or, par le passage de l'air dans votre tube de platine chauffé au

rouge, vous détruisez tout cela, et la stérilité de votre ballon d'urine n'a rien qui doive étonner.

Les partisans de la génération spontanée avaient souvent développé ce raisonnement d'apparence redoutable. Aussi M. Pasteur jugea-t-il nécessaire de pousser plus avant encore qu'il ne l'avait fait la preuve que les bourres de coton, sur lesquelles il avait filtré de l'air, étaient bien réellement chargées de germes.

Par un ingénieux dispositif expérimental, il ensemença les bourres de coton, chargées de poussières de l'air, dans ces mêmes liquides de tout à l'heure, tels que l'urine rendue stérile par l'ébullition. Les liqueurs devinrent fécondes, plus fécondes même que si on les eût exposées au libre contact de l'air atmosphérique. Or, qu'y avait-il dans ces poussières des bourres? rien que des particules amorphes, soies, brins de coton, fécule et, en outre, de très petits corps qui, par leur translucidité et leur structure, se confondaient avec des germes d'êtres microscopiques. On ne pouvait invoquer aucune présence de fluides impondérables.

Craignant toutefois que, dans un dernier esprit de doute, on n'attribuât au coton, en le

considérant comme une matière organique, une influence quelconque dans la fécondité des infusions, M. Pasteur remplaça les bourres de coton par des bourres d'amiante, préalablement portées au rouge : le résultat fut le même.

M. Pasteur voulut éloigner davantage encore l'hypothèse de la présence dans l'air ordinaire de quelque chose d'inconnu qui, en dehors de tout germe microscopique, pouvait être la cause de la vie et de l'apparition des infiniment petits. Il commença une série d'expériences aussi simples que démonstratives. Après avoir placé une infusion très altérable, en d'autres termes très propre à l'apparition d'êtres microscopiques, dans un ballon de verre à long col, il étira ce col à la lampe d'émailleur, de façon à laisser au col un très petit diamètre, en même temps, que par le mouvement de la main imprimé au verre fondu, il rendait ce col sinueux, comme un col de cygne. L'extrémité de ce col effilé restait ouverte. Il porta ensuite le liquide à l'ébullition pendant quelques minutes jusqu'à ce que la vapeur d'eau sortît en abondance par l'extrémité du col. Dans de telles conditions, le liquide du ballon, si putrescible qu'il puisse être, se conserve indéfini-

ment sans la moindre altération. On peut même le manier, le transporter d'un lieu dans un autre, le laisser exposé à toutes les variations des températures des saisons, le placer dans une étuve de 30 à 40 degrés : le liquide reste limpide comme à la première heure. C'est à peine s'il se manifeste une faible oxydation directe purement chimique des matières du liquide. L'air ordinaire, entrant avec force dans les premiers moments, arrive brusquement dans le ballon, mais il rencontre un liquide très voisin de la température de l'ébullition, et lorsque le liquide est assez refroidi pour ne plus pouvoir enlever aux germes leur vitalité, la rentrée de l'air est assez ralentie pour que les germes, capables d'agir sur le liquide et d'y faire apparaître des productions organisées, soient déposés dans les courbures encore humides, sans arriver jusqu'au contact du liquide.

Vient-on, après des semaines, des mois et même plusieurs années de séjour dans une étuve, à détacher, par un trait de lime, le col du ballon, dans sa partie restée verticale, sans toucher autrement au ballon? Moisissures, mucors, bactéries, infusoires même, commencent de se montrer, après vingt-quatre ou quarante-huit

heures, absolument comme s'il s'agissait d'infusions récentes exposées au contact de l'air ordinaire.

Les mêmes expériences peuvent se répéter avec des liquides un peu alcalins, tels que le lait, pourvu qu'on ait la précaution de produire l'ébullition à une température supérieure à 100 degrés.

Le grand intérêt de la méthode de M. Pasteur est qu'elle achève de prouver sans réplique que l'origine de la vie dans les infusions qui ont été portées à l'ébullition est uniquement due aux particules solides en suspension dans l'air. Gaz, fluides divers, électricité, magnétisme, ozone, choses connues ou choses occultes, il n'y a rien dans l'air atmosphérique ordinaire qui, en dehors de ces particules solides en suspension, puisse amener la putréfaction ou la fermentation des infusions.

Enfin, pour achever de convaincre les esprits les plus prévenus, pour ne pas laisser la moindre contradiction debout, M. Pasteur montra un de ces ballons à col sinueux tels qu'il les avait préparés et conservés depuis des mois et des années. Le ballon était couvert de poussière. « Eh bien! disait-il, qu'avec un petit

fragment de porcelaine, de verre ou de platine, vous enleviez un peu de cette poussière extérieure et que vous la fassiez arriver jusqu'au liquide en introduisant dans le col sinueux le petit fragment qui la supporte et en renversant le vase avec précaution, de manière que le petit fragment vienne à tomber dans le liquide, dès le lendemain, l'infusion, qui était restée d'une limpidité parfaite, se troublera et se comportera comme les infusions au contact de l'air ordinaire. »

Si l'on renverse le ballon de façon à faire arriver une gouttelette du liquide de l'infusion vers l'extrémité de la partie courbe du col, là où se sont arrêtées les poussières et si l'on fait rentrer ensuite dans le ballon la gouttelette pour la mettre au contact de l'infusion, le résultat est le même. L'altération se produit, les organismes microscopiques se multiplient. Enfin, si l'on prend un de ces ballons à l'épreuve de toute altération depuis des mois et des années, et si on l'agite violemment de façon que l'air extérieur rentre en masse et avec force, et si, après quelques secousses de cette nature, on replace le ballon à l'étuve, la vie y apparaîtra bientôt.

L'Académie des sciences avait, en 1860, pro-

12 1860

posé un prix dont elle avait précisé les conditions en ces termes :

« Essayer, par des expériences bien faites, de jeter un jour nouveau sur la question des générations spontanées. » L'Académie ajoutait qu'elle demandait des expériences précises, rigoureuses, également étudiées dans toutes leurs circonstances, telles en un mot qu'il fût possible d'en déduire quelques résultats dégagés de toute confusion née des expériences mêmes. M. Pasteur remporta le prix, et nul, on l'avouera, ne le méritait mieux que lui. Cependant, à ses yeux, le sujet était encore enveloppé de certaines difficultés. Dans les discussions ardentes auxquelles donnait lieu la question des générations spontanées, les partisans de la doctrine de la vie sans germes invoquaient à chaque instant une objection qui avait pour appui une opinion généralement admise, depuis l'époque d'un travail célèbre de Gay-Lussac relatif aux conserves d'Appert. Gay-Lussac était arrivé à cette conclusion qu'une condition de la conservation des substances animales et végétales dans le procédé d'Appert consistait dans l'absence de l'oxygène.

« On peut se convaincre, disait-il, en analysant l'air des bouteilles dans lesquelles les

substances ont été conservées, qu'il n'y a plus d'oxygène et que l'absence de ce gaz est par conséquent une condition nécessaire pour la conservation des substances animales et végétales. »

Bientôt on renchérit même sur cette proposition et ce fut une opinion courante dans la science que la moindre bulle d'oxygène ou d'air qui serait mise au contact d'une conserve suffirait pour en provoquer l'altération. Les partisans de la génération spontanée, les hétérogénistes formulaient dès lors en ces termes leurs objections à M. Pasteur : « Comment voulez-vous qu'il y ait assez de germes d'êtres microscopiques pour que la plus petite bulle d'air contienne les germes qui peuvent se développer dans toutes les infusions organiques ? S'il en était ainsi, il y aurait dans l'air encombrement de germes organiques. » M. Pouchet disait et écrivait que cela formerait un brouillard épais, « dense comme du fer ».

Mais M. Pasteur montra que l'interprétation donnée à l'expérience de Gay-Lussac et la conséquence qu'on en déduisait, au sujet de l'altération possible des conserves par une petite quantité de gaz oxygène, était tout à fait erronée. Gay-

Lussac s'était trompé en disant que l'absence d'oxygène était une condition nécessaire de la conservation. Si, au bout d'un certain temps, une conserve d'Appert ne contient plus d'oxygène, c'est tout simplement parce que cet oxygène est peu à peu absorbé par les matières toujours plus ou moins chimiquement oxydables de la conserve; mais, en réalité, il est très facile d'avoir des conserves d'Appert avec plus ou moins d'oxygène dans les vases. M. Pasteur ne tarda pas à reconnaître que l'interprétation donnée à l'expérience de Gay-Lussac péchait par un autre point. Il reconnut qu'il était faux qu'une petite quantité d'air fût capable de provoquer toujours un développement d'organismes microscopiques.

Plus répandus dans les villes que dans les campagnes, les germes deviennent plus rares à mesure qu'on s'éloigne des habitations. Les montagnes en ont moins que les plaines et, à partir d'une certaine hauteur, ils deviennent tout à fait rares.

Les expériences que fit M. Pasteur, pour mettre ces faits en évidence, furent extrêmement simples. Il prit une série de ballons, d'un quart de litre de capacité environ, dont il étira le col en

l'effilant à la lampe d'émailleur, après l'avoir à moitié rempli d'un liquide putrescible. Puis, il fit bouillir le liquide pendant quelques minutes, et, pendant l'ébullition, alors que la vapeur sortait avec force par la partie effilée du col, il ferma cette partie effilée, à l'aide de la lampe d'émailleur. Ainsi préparés, des ballons peuvent être facilement transportés. Comme ils sont vides d'air, puisque celui qu'il contenait à l'origine a été chassé par la vapeur d'eau, l'air extérieur, au moment où l'on brise leur pointe effilée, se précipite brusquement avec tous les germes que cet air peut tenir en suspension. Si on les referme aussitôt après, par un trait de flamme, et si on les abandonne ensuite à eux-mêmes, on peut facilement reconnaître ceux qui s'altèrent. Or, M. Pasteur constata que, quel que fût le lieu où l'on opérait, un certain nombre de ballons n'éprouvaient aucune altération. Il ne faudrait cependant pas les ouvrir dans une pièce quelconque où l'on viendrait de soulever les poussières, après avoir, par exemple, épousseté des meubles ou balayé la pièce ; dans ce cas, tous les ballons s'altèreraient à cause de la grande quantité de germes soulevés et mis en suspension dans l'air.

M. Pasteur partit pour Arbois avec des séries de ballons. Il en ouvrit à la campagne, loin des habitations; il en ouvrit d'autres au pied des hauteurs qui forment le premier plateau du Jura; une série de vingt autres fut ouverte sur le mont Poupet, à 850 mètres au-dessus du niveau de la mer, et vingt autres enfin furent transportés au Montanvert, près de la Mer de glace, à 2,000 mètres d'élévation. Il rapporta ensuite toute sa collection à Paris, et, au mois de novembre 1860, il la déposa sur le bureau de l'Académie des sciences.

Sur les vingt premiers ballons ouverts dans la campagne, huit renfermaient des productions organisées. Sur les vingt ouverts aux premières hauteurs du Jura, cinq seulement étaient altérés, et enfin, sur les vingt derniers ouverts au Montanvert par un vent assez fort qui soufflait des gorges profondes du glacier, un seul était altéré.

Si on faisait une pareille série d'expériences dans un aérostat, on reconnaîtrait aisément que l'air des hauteurs de l'atmosphère est absolument privé de germes. Il faudrait avoir, bien entendu, la précaution de se garantir de l'introduction des poussières que pourraient porter avec eux les agrès et les aéronautes.

Mais nous n'avons pas encore tout raconté. Jusqu'à présent, toutes ces expériences si concluantes n'avaient porté que sur des liquides organiques, très altérables, il est vrai, mais qui tous avaient subi la température de l'ébullition ou même une température plus élevée que 100 degrés. Les partisans de la génération spontanée pouvaient donc être autorisés à dire que si l'on avait pris la précaution de mettre au contact d'un air pur des liquides organiques naturels, dans l'état où la vie végétale et animale les élabore, les choses se seraient passées autrement. C'est alors que la vie aurait apparu spontanément par la naissance d'êtres microscopiques. Aucun adversaire de M. Pasteur n'avait formulé cet argument; mais M. Pasteur, qui a au dedans de lui-même un adversaire toujours présent, toujours en éveil, prêt à ne céder que devant la force des preuves accumulées, s'adressait cette objection. Il ne fut satisfait que le jour où il réussit à l'écarter complètement. Dépouillant, à l'aide de dispositions expérimentales ingénieuses, l'air de tout germe vivant, il mit au contact de cet air pur les liquides les plus putrescibles, notamment du sang veineux ou du sang artériel et de l'urine. Il prenait ces

liquides directement dans les veines, dans les artères et dans la vessie d'animaux en pleine santé. Aucune altération ne se produisit. Il y eut, avec le temps, une absorption chimique de petites quantités de gaz oxygène, mais ni fermentation ni putréfaction n'apparurent; pas le moindre développement de bactéries, de vibrions ou de moisissures. C'est alors que M. Pasteur put légitimement s'écrier dans cette célèbre leçon de la Sorbonne :

« Non, il n'y a aucune circonstance aujourd'hui connue qui permette d'affirmer que des êtres microscopiques sont venus au monde sans germes, sans parents semblables à eux. Ceux qui le prétendent ont été le jouet d'illusions, d'expériences mal faites, entachées d'erreurs qu'ils n'ont pas su apercevoir ou qu'ils n'ont pas su éviter. La génération spontanée est une chimère. »

M. Pasteur n'était pas le seul à manifester une conviction aussi arrêtée. M. Flourens, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, prononça un jour ces paroles, devant l'Académie tout entière, avec l'autorité d'un président de cour prononçant un arrêt :

« Tant que mon opinion n'était pas formée,

je n'avais rien à dire; aujourd'hui, elle est formée et je la dis. Les expériences sont décisives. Pour avoir des animalcules que faut-il, si la génération spontanée est réelle? De l'air et des liquides putrescibles. Or, M. Pasteur met ensemble de l'air et des liquides putrescibles et il ne se fait rien. La génération spontanée n'est donc pas. Ce n'est pas comprendre la question que de douter encore. »

Mais quelques adversaires doutaient toujours. Lorsque M. Pasteur eut annoncé le résultat de ses expériences et apporté devant l'Académie ses séries de ballons, M. Pouchet et M. Joly annoncèrent que si M. Pasteur avait ouvert ses ballons dans le Jura et sur la Mer de glace, ils étaient allés, eux, au sommet de la Maladetta et que les résultats de M. Pasteur n'étaient pas exacts.

M. Pasteur demanda des juges à l'Académie. Seule, une commission, disait-il, terminera le débat. La commission fut nommée, et, de part et d'autre, les positions furent nettement prises.

« J'affirme, déclarait M. Pasteur, qu'en tout lieu il est possible de prélever, au milieu de l'atmosphère, un volume d'air déterminé qui ne

contienne ni œuf ni spore et ne produise aucune génération dans les solutions putrescibles. »

De son côté, M. Joly écrivait : « Si un seul de vos ballons demeure inaltéré, nous avouerons loyalement notre défaite. » Enfin, M. Pouchet, aussi net, aussi affirmatif que M. Pasteur, disait : « J'atteste que, sur quelque lieu où je prendrai un décimètre cube d'air, dès que je mettrai celui-ci en contact avec un liquide fermentescible, renfermé dans un matras hermétiquement clos, constamment celui-ci se remplira d'organismes vivants. »

Cette double déclaration, qui passionna à cette époque tout le monde savant, avait lieu au mois de janvier 1864. Pressé d'engager l'action, M. Pasteur attendait avec impatience que la commission ordonnât cette prise d'air qui devait tout décider ; mais M. Pouchet sollicita un délai, voulant, disait-il, attendre l'époque des chaleurs. M. Pasteur s'étonna et se résigna cependant à attendre. Le 15 juin, la commission et les adversaires se réunirent.

« Comme toute la contestation porte sur un simple fait, déclara la commission, une seule expérience doit être provoquée et c'est elle seule qui fermera la discussion. »

Malgré cette clause, les partisans de la génération spontanée voulurent recommencer toute la série de leurs expériences. Vainement la commission essaya-t-elle de leur persuader que c'était rendre le jugement aussi long que l'avait été la discussion elle-même, que tout, encore une fois, portait sur un fait et que, ce fait, une seule expérience suffirait pour l'établir. Les hétérogénistes ne voulurent rien entendre. M. Pouchet et M. Joly se retirèrent.

« Il est bien certain, racontait un historien exact et autorisé de ces débats, M. Jamin, que les hétérogénistes, de quelque façon qu'ils aient coloré cette retraite, se sont eux-mêmes condamnés. S'ils avaient été sûrs du fait, — qu'ils s'étaient solennellement engagés à prouver sous peine de s'avouer vaincus, — ils auraient tenu à le montrer, car c'était le triomphe de leur doctrine. On ne se laisse condamner par défaut que dans les causes dont on se défie. »

ÉTUDES SUR LE VIN

Après avoir ainsi résolu le problème de la génération spontanée, problème qui n'était qu'une parenthèse imposée à son esprit, M. Pasteur revint aux fermentations. Guidé par ses dernières études sur le vinaigre et d'autres observations de détail, il entreprit de rechercher les causes qui pouvaient provoquer les maladies des vins. Les explications de ces altérations, telles que la science les donnait alors, ne reposaient que sur des hypothèses. Tout le monde, depuis Chaptal, en passant par Liebig et Berzelius, croyait que le vin est un liquide dont les divers principes réagissent les uns sur les autres par des actions mutuelles et lentes. Le vin, disait-on, est sans cesse en travail. Lorsque la

fermentation du raisin est achevée, l'équilibre n'est pas établi entre les divers principes de la liqueur. Elle a besoin de temps pour se faire, pour que ces principes se fondent les uns dans les autres. Si ce développement des actions réciproques, ajoutait-on, n'est pas régulier, le vin devient malade. C'était, en d'autres termes, la doctrine de la spontanéité. Sans appui dans des expériences raisonnées, ces explications ne pouvaient satisfaire M. Pasteur, au moment où il venait de mettre en évidence qu'il n'y a rien de spontané, pas plus dans les phénomènes de fermentation qu'au sein des infusions et des liquides organiques d'origine animale ou végétale.

M. Pasteur essaya tout d'abord de montrer que le vin ne travaille pas autant qu'on le suppose. Sans doute, le vin étant un mélange de diverses substances, parmi lesquelles il y a des acides et de l'alcool, il doit se former avec le temps des éthers particuliers, et des réactions du même ordre prennent peut-être naissance entre les autres principes également contenus dans le liquide. Mais si l'on ne peut nier l'exactitude de tels faits, établis sur des lois générales, confirmés et étendus par des travaux récents,

M. Pasteur pensait que l'on en tirait une fausse application, lorsqu'on voulait les faire servir à expliquer le vieillissement des vins ou leurs maladies, en un mot, les principaux changements de bonne ou de mauvaise nature dont les vins sont le siège évident. Bientôt le vieillissement du vin lui parut résider essentiellement dans des phénomènes d'oxydation dus à l'oxygène de l'air qui se dissout et pénètre dans le vin. Il en donna des preuves manifestes. Je n'en citerai qu'une seule. Du vin jeune qu'on enferme dans un vase de verre hermétiquement clos garde sa verdeur; il ne se fait pas, il ne vieillit pas. M. Pasteur démontra, en outre, que toutes les pratiques de la vinification s'expliquent par la double nécessité d'oxygéner le vin au degré convenable et de prévenir ses altérations. Quant à la recherche des causes mêmes de ces altérations, M. Pasteur, obéissant toujours à une idée préconçue, en se réservant le soin de la contrôler avec toute la rigueur de la méthode expérimentale, se demanda si les maladies du vin ne proviendraient pas de ferments organisés, de petits végétaux microscopiques. Dans ces altérations, pensait-il, il doit y avoir des influences étrangères à la composition normale du vin.

Cette hypothèse se vérifia. Entre ses mains, les altérations des vins se montrèrent corrélatives de la présence et de la multiplication de végétations microscopiques. Comme ces végétations trouvent dans le vin des conditions favorables à leur développement, elles l'altèrent soit par la soustraction de ce qu'elles lui enlèvent pour leur nourriture propre, soit principalement par la formation de nouveaux produits qui sont un effet même de la multiplication de ces parasites dans la masse du vin.

Tout le monde sait ce que c'est que le vin *acide,* le vin *piqué,* le vin *aigre.* Les expériences antérieures de M. Pasteur ont clairement démontré que l'on n'a jamais vu une portion quelconque de vin devenir acide, piqué, en un mot vinaigre, en dehors de la présence du petit champignon microscopique désigné sous le nom de *mycoderma aceti.* Cette petite plante est l'intermédiaire obligé de l'acescence, de la condensation de l'oxygène de l'air et de sa fixation sur l'alcool du vin, quand celui-ci devient du vinaigre. Chaptal, qui publia un volume sur l'art de faire le vin, connaissait l'existence de ces fleurs du mycoderme, mais ce n'étaient à ses yeux que « des ébauches de végétation », dont l'influence sur

les qualités des liquides ne se faisait nullement sentir. Outre le *mycoderma aceti,* qui est la marque de l'acétification, il y a un autre mycoderme que l'on appelle le *mycoderma vini*. Il ne dépose, lui, rien de nuisible, et ses fleurs se développent de préférence sur les vins jeunes, encore verts, conservant l'astringence des premiers temps de leur fabrication. Les exigences des deux sortes de fleurs sont telles que, même en ensemençant de la fleur du vinaigre à la surface d'un vin jeune, le développement n'aurait pas lieu. Inversement, le *mycoderma vini* semé sur des vins qui ont vieilli en tonneau et en bouteilles refuserait de s'y multiplier. Le *mycoderma vini* n'altère point le vin, le vin ne tourne point à l'acide. Au fur et à mesure que le vin vieillit, la fleur du vin tend à disparaître, le vin se dépouille, pour employer une expression consacrée. Physiologiquement parlant, le vin perd de son aptitude à nourrir le *mycoderma vini* qui, se trouvant progressivement privé d'aliments appropriés, se fane, s'atrophie. Mais c'est alors que le *mycoderma aceti* peut apparaître et se multiplier avec une facilité d'autant plus grande qu'il puise assez longtemps sa première nourriture dans les cellules mêmes du *mycoderma vini*.

Le *mycoderma aceti* a eu une trop large part dans les pages du commencement de ce livre pour qu'il soit nécessaire d'y revenir.

Il est une autre maladie très commune qui attaque les vins, lorsque la grande chaleur de l'été commence de se faire sentir dans les caves. On dit que les vins sont *tournés,* sont *montés,* ont la *pousse.* Le vin est légèrement troublé et prend un goût à la fois fade et piquant. Quand on le verse dans un verre, de petites bulles de gaz très fines viennent former couronne à la surface. En élevant le verre entre l'œil et la lumière, on distingue, à la moindre agitation, des ondes soyeuses qui se déplacent et se meuvent dans le liquide en divers sens. Lorsque le vin qui tourne est en tonneau, il n'est pas rare de voir le fond du tonneau bomber un peu et parfois des suintements se produire aux joints des douves. Si l'on pratique un fausset, le vin jaillit et voilà pourquoi l'on dit que le vin a la pousse.

Les auteurs qui avaient écrit sur le vin attribuaient cette maladie à la lie qui remonte. Ils croyaient que le dépôt, qui existe toujours en plus ou moins grande quantité à la partie inférieure des tonneaux, se soulève et se répand dans toute la masse du vin.

Rien n'est plus inexact. Si ce phénomène se produit parfois, c'est-à-dire que le dépôt remonte dans la masse du vin, la cause en est due à une diminution brusque de la pression atmosphérique, dans les temps d'orage, par exemple. Comme le vin est toujours chargé de gaz acide carbonique qu'il tient en dissolution depuis le moment de la fermentation, on conçoit qu'un abaissement de pression barométrique fasse dégager des bulles d'acide carbonique. Ces bulles, s'élevant de la partie inférieure du tonneau, peuvent soulever alors une partie du dépôt qui vient se mêler au vin et le trouble. Mais la cause réelle de la maladie que l'on appelle à proprement parler la maladie du vin tourné tient à un tout autre motif. Ce trouble, sans aucune exception, est dû à la présence de petits filaments d'une extrême ténuité ; ils ont un millième de millimètre de diamètre environ. Leur longueur est très variable. Ce sont eux qui, lorsque le vin est agité, donnent lieu à ces ondes soyeuses se mouvant en divers sens. Souvent le dépôt du tonneau laisse un amas de ces filaments très longs, enchevêtrés les uns dans les autres, formant une masse glutineuse qui, au microscope, n'est pour ainsi dire composée que de ces petits filaments. En agis-

sant sur certains principes du vin, particulièrement sur le tartre, ce ferment dégage de l'acide carbonique. Le phénomène de la pousse se produit alors, parce que, si le tonneau est fermé, la pression intérieure du liquide augmente. Ainsi s'explique également le pétillement et la couronne de petites bulles de gaz, lorsqu'on verse le vin tourné dans un verre. En un mot, la maladie du vin tourné n'est autre chose qu'une fermentation due à un ferment organisé qui, sans nul doute, provient originairement de germes pris à la surface des grappes de raisin au moment de la récolte ou dans quelques grains avariés, comme il s'en trouve toujours dans la vendange. Il est bien rare de ne pas trouver ce parasite des vins tournés parmi les matières des dépôts du vin au fond des tonneaux, mais ce parasite n'est gênant que s'il vient à se multiplier beaucoup. Le moyen d'empêcher cette multiplication, M. Pasteur le trouva dans un remède préventif très simple, également applicable à d'autres maladies des vins, la maladie de l'amertume et la maladie de la graisse.

Beaucoup de vins prennent avec l'âge un goût d'amertume plus ou moins prononcé et jusqu'à devenir parfois impropres à la consommation.

Les vins rouges sans exception sont sujets à cette maladie, mais elle atteint de préférence les vins des meilleurs crus et particulièrement les vins les plus fins de la Côte-d'Or. C'est encore un petit champignon filamenteux qui se charge de cette besogne. Et non seulement il détermine dans le vin une amertume qui lui enlève peu à peu toutes ses qualités, mais il forme, en outre, dans les bouteilles un dépôt qui n'est jamais adhérent au verre et qui trouble tout le vin. C'est dans ce dépôt que flottent les filaments de ce champignon.

Si les vins blancs n'ont pas à redouter cette maladie de l'amer, ils sont exposés, surtout les vins blancs du bassin de la Loire et de l'Orléanais, à la maladie de la graisse. Les vins perdent leur limpidité; ils deviennent plats et fades; ils filent comme de l'huile. La maladie se déclare dans les tonneaux ou dans les bouteilles les mieux bouchées. M. Pasteur a reconnu que la graisse des vins est encore produite par un ferment spécial qui se montre au microscope formé de filaments à la manière des ferments des maladies précédentes, mais différents de structure et d'action physiologique sur le vin.

En résumé, d'après les observations de M. Pasteur, les altérations des vins ne doivent dans aucun cas être attribuées à un travail naturel des principes du vin qui proviendraient d'une sorte de mouvement intérieur tout spontané et que commanderaient seulement des variations de température ou de pression atmosphérique. Elles sont, au contraire, exclusivement sous la dépendance de développements d'organismes microscopiques dont les germes existent dans le vin depuis le moment de la fermentation originelle qui lui a donné naissance. Quelle profusion de germes de toute nature ne doit-on pas introduire dans une cuve de vendange! Que d'altérations ne rencontre-t-on pas dans les feuilles, dans tel ou tel grain de raisin avarié! Que de poussières organiques diverses sur les bois des grappes, à la surface des grains, sur l'attirail servant aux vendangeurs! Que de moisissures de toute espèce! Une foule de ces germes sont évidemment stériles dans le vin dont la composition à la fois acide, alcoolique et privée d'air se prête si peu à la vie. Mais y a-t-il lieu d'être surpris que quelques-uns de ces germes extérieurs, si nombreux, et possédant à un degré plus ou moins marqué le caractère anaérobie trouvent

à tel ou tel moment de l'état du vin les conditions de leur existence et de leur multiplication ?

La cause de ces altérations était trouvée. Restait à empêcher le développement de tous ces parasites. Les premières tentatives de M. Pasteur eurent pour objet la recherche de substances qui, à l'absence d'odeur et de saveur particulière, joindraient la vertu d'être inoffensives, mais dont la présence s'opposerait à la vie de ces ferments de maladies. Dans cette voie, le succès était soumis à trop de conditions pour être facilement réalisable. Après des essais infructueux, M. Pasteur eut l'idée de recourir à l'influence de la chaleur. Il ne tarda pas à reconnaître qu'il suffisait de porter le vin, pendant quelques instants seulement, à une température de 55 à 60 degrés pour qu'il fût mis à l'abri de toute altération ultérieure. Ses expériences portèrent d'abord sur la maladie de l'amertume. Il se procura les vins des grands crus de la Bourgogne, vins de Beaune et de Pomard d'années diverses, années 1858, 1862 et 1863. Vingt-cinq bouteilles furent laissées debout pendant quarante-huit heures, pour permettre à toutes les petites particules solides en suspension dans le

vin de se déposer. Quelque limpide que soit un vin, il donne toujours lieu à un dépôt, si faible qu'il puisse être. M. Pasteur décanta ensuite le vin avec un soin minutieux, à l'aide d'un siphon de très faible débit. Cette dernière précaution était nécessaire pour ne pas soulever et entraîner le dépôt formé. Lorsqu'il ne resta plus dans chaque bouteille qu'un centimètre cube de liquide, M. Pasteur agita la bouteille pour ramasser tout le dépôt dans cette petite quantité de liquide, puis il examina successivement au microscope chacun de ces fonds de bouteilles. Il aperçut nettement quelques filaments de ferments. Les vins cependant n'accusaient pas au goût la moindre amertume. Mais le germe d'un mal possible s'y trouvait et il est aisé de comprendre que le mal ne se fait sentir au palais que si les petits champignons ont pris un assez grand développement.

M. Pasteur chauffa alors, sans la déboucher, une bouteille de chaque sorte de ces vins de Beaune et de Pomard. Le chauffage fut porté à une température de 60 degrés. Après le refroidissement de ces bouteilles, il les plaça, en les couchant, à côté d'autres bouteilles non chauffées et également couchées des mêmes vins. Les

unes et les autres restèrent dans une cave dont la température variait, en été, entre 13 et 17 degrés. Tous les quinze jours, M. Pasteur venait passer l'inspection. Sans déboucher les bouteilles, il les élevait de façon à regarder dans la gouttière du fond de chaque bouteille placée entre l'œil et la lumière, et à pouvoir constater la moindre formation de dépôt. En moins de six semaines, particulièrement pour le vin de l'année 1863, un dépôt flottant très apparent commença de se former dans toutes les bouteilles qui n'avaient pas été chauffées; ces dépôts augmentèrent progressivement. En examinant ces dépôts au microscope, tous se montrèrent formés de filaments organisés, mélangés quelquefois d'un peu de matière colorante devenue insoluble. Nul dépôt n'apparut dans les bouteilles chauffées.

L'idée première du chauffage des vins n'appartient pas à M. Pasteur. Les personnes qui aiment à rechercher les questions de priorité trouveront dans les œuvres des agronomes latins diverses pratiques de conservation des vins qui, toutes, reposent sur l'emploi de la chaleur. D'autres fois, pour donner au vin de la durée, on

ajoutait à la vendange des proportions variables de moût cuit, réduit à la moitié ou aux deux tiers, dans lequel on avait fait infuser de l'iris, de la myrrhe, de la canelle, de la poix résine et d'autres ingrédients. Mais, pour citer des exemples plus rapprochés, Appert, dont les conserves sont devenues si populaires, raconte qu'il envoya à Saint-Domingue quelques bouteilles de vin de Beaune, préalablement chauffées au bain-marie à 70 degrés et qu'il compara à leur retour en France deux bouteilles de ce vin avec une bouteille du même vin resté au Havre et une autre bouteille également du même vin resté dans sa cave, — toutes deux n'ayant pas subi l'opération du chauffage. La supériorité du vin qui revenait de Saint-Domingue, dit Appert, était incontestable. Rien n'égalait sa finesse et son bouquet. Mais Appert ne signalait nullement comme vin altéré ou malade le vin des deux bouteilles restées en France. Il n'y avait point dans cette remarque une observation complète, il y avait simplement la constatation du fait qu'un long voyage, ce qu'on savait déjà, joint à l'emploi de la chaleur, avait eu un excellent effet sur du vin de Beaune. Cet incident était tombé dans l'oubli, dans un oubli si complet que ce fut

seulement en 1865 que M. Pasteur, se livrant à des recherches historiques pour composer ses *Études sur le vin,* rencontra par hasard l'histoire des bouteilles de Saint-Domingue et s'empressa de la raconter à l'Académie. Mais M. Pasteur eut sur la question du chauffage des vins un débat de priorité auquel il ne s'attendait guère. Un viticulteur bourguignon, M. de Vergnette, qui, après avoir proposé d'abord comme système protecteur la congélation des vins, avait parlé ensuite sans grande précision de la chaleur comme d'un autre moyen de conservation, réclama une grande part d'invention dans le procédé de M. Pasteur. « Si, après avoir soumis à l'épreuve de la chaleur, disait M. de Vergnette, quelques échantillons de vins que l'on veut exporter, on reconnaît que ces vins ont résisté, on peut les expédier. Dans le cas contraire, on devra s'abstenir. » C'était, dans la pensée de M. de Vergnette, à la composition du vin, à son état robuste, à sa bonne constitution que le vin devait sa propriété de pouvoir supporter le chauffage. M. Pasteur n'eut pas de peine à démontrer que ces assertions sont en pleine contradiction avec l'expérience. Jamais un vin ne s'altère par l'application modérée

de la chaleur à l'abri de l'air, et c'est précisément lorsqu'il est d'une santé douteuse qu'il faut lui faire subir l'opération du chauffage, car cette opération ne l'altère pas plus que s'il était d'une santé robuste. Tous les vins peuvent subir l'action de la chaleur sans s'altérer le moins du monde et une minute de chauffage, au degré voulu, suffit pour assurer la conservation d'un vin quel qu'il soit. Grâce à cette opération, le vin le plus faible, le plus disposé à tourner à l'aigre, à la graisse, le vin qui est menacé d'amertume est garanti des altérations qu'il aurait pu éprouver.

Rien n'est plus simple que de réaliser les conditions du chauffage en bouteilles. On les porte, après avoir solidement ficelé le bouchon pour l'empêcher de sauter, dans un bain-marie. Un panier en fer est utile. L'eau doit s'élever jusqu'à la cordeline. Au milieu de ces bouteilles, on en place une remplie d'eau où plonge la boule d'un thermomètre. Dès que le thermomètre marque 55 à 60 degrés, on retire le panier. Il serait imprudent d'en remettre un autre immédiatement. L'eau trop chaude pourrait faire éclater les bouteilles froides. On attend que l'eau ait un peu tiédi ou que les bouteilles du second

panier aient été déjà placées dans une eau dégourdie.

Mais si M. Pasteur avait prévu jusqu'aux moindres détails pour prévenir les altérations ou les arrêter, il sentait encore que l'on n'avait pas pleine confiance dans l'efficacité d'un procédé qui devait, pensait-on, nuire soit au goût, soit à la couleur, soit à la limpidité du vin. Après avoir provoqué le jugement de personnes du monde qui presque toutes, si elles firent une différence, l'établirent consciencieusement en faveur des vins chauffés, M. Pasteur voulut avoir une opinion plus décisive. Il s'adressa d'abord à des courtiers, à des négociants très exercés à saisir dans les vins les moindres de leurs qualités, puis il tenta une grande expérience de dégustation. Le 16 novembre 1865, — les dégustateurs n'ont pas oublié la date, — une sous-commission, nommée par la commission représentative du commerce des vins en gros de Paris, se rendit à l'École normale pour donner son avis sur un nombre très respectable d'échantillons Après une série d'appréciations qui reconnaissaient sinon une supériorité sur le vin chauffé, du moins une nuance de goût imperceptible qui échapperait, disaient les dégustateurs émérites,

aux neuf dixièmes des consommateurs, M. Pasteur, craignant qu'il ne restât encore dans l'esprit du plus grand nombre des membres de la commission une légère prévention contre l'opération du chauffage et que l'imagination n'eût une petite part dans l'examen de ces nuances de goût, demanda à la commission de l'autoriser à ne plus indiquer, dans une séance suivante, si tel échantillon était un échantillon de vin chauffé ou de vin non chauffé. La commission, qui n'avait d'autre désir que celui de connaître la vérité, s'empressa d'accepter. L'incertitude sur la préférence à donner aux vins chauffés ou non chauffés fut amusante, tant elle était absolue. Il va sans dire que les vins non chauffés n'avaient pas éprouvé la plus petite altération. Ils ne se distinguaient des autres que par la simple opération du chauffage. Mais à un certain moment, M. Pasteur, qui était cependant émerveillé de la délicatesse extraordinaire du palais de ces dégustateurs, usa d'une petite supercherie. Il leur offrit deux échantillons absolument identiques, sortant de la même bouteille. Il y eut des préférences, bien légères il est vrai, mais gravement exprimées, pour tel ou tel verre. La commission, faisant allusion dans son rapport à cette

dégustation spéciale, fut la première à convenir de bonne grâce que les différences entre le vin chauffé et non chauffé étaient insignifiantes, imperceptibles quand elles existaient, et que l'imagination, ajoutait le rapporteur, n'était pas sans avoir une grande influence sur la dégustation, puisque les membres de la commission eux-mêmes étaient tombés dans un petit piège expérimental.

Ainsi M. Pasteur, après avoir expliqué les causes qui déterminent les altérations des vins, avait trouvé les moyens de les combattre pratiquement, avec certitude et succès. Il avait pu, grâce à l'application de la chaleur, ne modifier ni la couleur ni le goût des vins, en assurer la limpidité, les rendre capables de se conserver indéfiniment en vases clos. Si ces vins, exposés trop longtemps à l'air, risquaient de s'altérer de nouveau, c'est parce que l'air leur apportait de nouveaux germes vivants de ces ferments qu'ils avaient perdu par l'action de la chaleur. Mais ces germes d'altération qui viennent de l'air sont si peu de chose, quand on les compare à ceux qui viennent du vin lui-même, que l'on peut presque dire que le chauffage rend le vin inaltérable, même après qu'il a été transvasé au contact de

l'air. Par une série d'expériences qui ne devaient rien au hasard, dirigées, comme le disait un jour M. Dumas, avec le sentiment profond des lois de la nature et la connaissance exquise des moyens que la science possède pour les mettre en évidence, une des plus grandes questions économiques était résolue. Les vins pouvaient être gardés ou transportés en tout pays sans que leur goût ou leur parfum en fût altéré. Ces expériences de laboratoire devaient, par une large exploitation, — car on imagina bientôt des appareils puissants pour chauffer le vin des tonneaux, — prendre les proportions d'un bienfait public.

LA MALADIE DES VERS A SOIE

Avez-vous jamais assisté, dans certains départements du Midi, aux éducations des vers à soie? La vie des populations est suspendue à l'existence des précieux insectes. On ne voit dans chaque maison que des claies où se traînent les vers. On en met jusque dans la cuisine, et souvent, même dans les familles aisées, ils occupent les meilleures chambres. Là où l'on fait de grandes éducations, s'élèvent, dans d'immenses hangars, sous des toits à tuiles disjointes, de véritables étagères de claies, où des milliers et des milliers de vers rampent sur des litières qu'ils ont l'instinct de ne jamais quitter. Grandes ou petites, les magnaneries sont partout. Les gens ne s'abordent pas pour se dire : Com-

ment allez-vous? mais : Comment vont-ils? La nuit, on se relève pour leur donner à manger ou pour entretenir dans la chambrée une chaleur convenable. Et que d'inquiétudes au moindre changement de temps! La feuille du mûrier ne sera-t-elle pas mouillée? La digestion se fera-t-elle bien? La digestion! grande affaire pour la santé des vers qui ne font guère que manger tout le temps de leur vie! Leur appétit devient surtout insatiable durant les derniers jours de l'éducation. Tout le monde est alors sur pied jour et nuit. Ce ne sont à tout moment que sacs de feuilles qu'on apporte et que l'on éparpille sur les litières. Parfois le bruit des vers triturant ces feuilles ressemble au bruit de la pluie sur des arbres touffus. Avec quelle impatience on attend le moment où, arrivés à leur dernière mue, les vers, le corps gonflé de soie, monteront sur la bruyère pour s'enfermer dans leur prison d'or et y devenir chrysalides! Quels jours de fête que ceux où l'on recueille les cocons, où l'on fait, comme disait Olivier de Serres, la cueillette de la soie!

Ainsi que toutes les récoltes agricoles, cette cueillette est exposée à bien des risques. Presque toujours cependant elle paie l'éducateur de ses

peines, et parfois elle le paie largement. Mais, en 1849, après une année exceptionnellement bonne, et sans qu'aucune condition atmosphérique expliquât de pareils faits, des chambrées échouèrent presque complètement; une maladie, qui peu à peu prit les proportions d'une épidémie, s'abattit sur les magnaneries. Vers à peine éclos ou vers arrivés à leur dernière mue, bon nombre étaient frappés. Peu importait la phase que traversait le ver, toutes l'exposaient au mal.

Il n'est guère de collégien qui n'ait élevé au fond de son pupitre cinq ou six vers à soie, les nourrissant au besoin, à défaut de feuilles de mûrier, de quelques feuilles de laitue ou même de salsifis. Aussi est-il à peine nécessaire de rappeler comment vient, grandit et se transforme le ver à soie. Sortant de son œuf, que l'on appelle une graine, tant cet œuf ressemble à une petite semence végétale, le ver naît au printemps, dès les premiers beaux jours. Il ne pèse alors qu'un à un et demi-milligramme. Peu à peu, sa grosseur et son activité augmentent. Le septième jour de sa naissance, il s'arrête sur une feuille et paraît s'endormir. Il reste ainsi pendant près de trente

heures. Bientôt sa tête remue, comme si elle ne tenait plus au reste du corps, et, sous la peau de cette tête, apparaît une seconde tête toute neuve. Comme s'il sortait d'un étui, le ver se dégage de sa vieille peau flétrie. Voilà ses pattes de devant, voilà les fausses pattes qu'il porte à son arrière. Le ver est enfin tout entier. Il se repose un instant et se met à manger. Au bout de quelques jours, nouveau sommeil, nouvelle peau, nouvelle mue, puis une troisième, puis une quatrième métamorphose. Huit jours environ après la quatrième mue, le ver ne mange plus, son corps devient plus effilé, plus transparent, il cherche à quitter sa litière, il lève la tête, il paraît inquiet. Il suffit de placer alors quelques brindilles desséchées de bruyère pour qu'il s'y accroche, qu'il y monte et qu'il n'en descende plus. C'est là qu'il file son cocon et qu'il devient chrysalide. Lorsque les vers d'une chambrée ont tous filé leur soie, les cocons sont étouffés dans des étuves à vapeur d'eau bouillante et, après les avoir fait sécher au soleil, on les livre aux filatures. Si l'on veut, pour avoir de la graine, réserver une partie des cocons, au lieu de les étouffer on les réunit en chapelets, en filanes, suivant le mot consacré. Après trois semaines environ,

le papillon sort de sa chrysalide, perce le cocon au moyen d'une liqueur qu'il laisse échapper de sa bouche et qui a la propriété de ramollir tellement la soie que le papillon peut traverser le cocon. A peine s'est-il essuyé et a-t-il développé ses ailes que mâles et femelles s'accouplent pendant quelques heures. Puis les femelles pondent leurs œufs. Elles peuvent en pondre de quatre à six cents. Voilà toutes les phases que traversent les vers à soie dans l'espace de deux mois.

Eh bien! dans cette maladie qui désola les magnaneries, en 1849, les symptômes étaient multiples et changeants. Quelquefois la maladie s'annonçait immédiatement. Beaucoup d'œufs étaient stériles ou les vers mouraient dès les premiers jours de leur naissance. Souvent l'éclosion était excellente, les vers arrivaient jusqu'à la première mue, mais cette mue se faisait mal. Un grand nombre de vers, prenant peu de nourriture à chaque repas, restaient plus petits que les autres, avaient un aspect un peu luisant et une teinte noirâtre. Au lieu de vers réguliers, parcourant ensemble toutes les phases de cette première mue, l'éducation commençait de présenter une inéga

lité sensible qui s'accusait de plus en plus à chacune des mues suivantes. Bien loin de voir sur les tables les vers foisonner pour ainsi dire, comme s'ils augmentaient en nombre, il y avait partout des places vides. Chaque matin, on relevait des cadavres sur les litières.

Le mal se présentait quelquefois dans des conditions plus cruelles. La chambrée avait très bien marché jusqu'à la troisième et même jusqu'à la quatrième mue; l'égalité et la santé des vers ne laissaient rien à désirer; mais, à partir de la quatrième mue, les craintes de l'éducateur commençaient. Les vers ne blanchissaient pas, ils conservaient une teinte rouillée. Leur appétit diminuait, ils s'éloignaient même de la feuille qu'on leur offrait. Des taches apparaissaient sur leur corps : meurtrissures noires, irrégulièrement disséminées sur la tête, sur les anneaux, sur les fausses pattes, sur l'éperon. Çà et là on apercevait des vers morts. En soulevant la litière, on en trouvait un grand nombre. Toute chambrée atteinte était une chambrée perdue. En 1850 et en 1851, les échecs se renouvelèrent Quelques éducateurs, découragés, attribuèrent ces accidents à la mauvaise graine, et en firent venir de l'étranger.

Tout alla d'abord à souhait. L'année 1853, où s'élevèrent en France beaucoup de ces graines, fut une des plus productives du siècle. On fit jusqu'à 26 millions de kilogrammes de cocons, qui produisirent un revenu de 130 millions de francs. Mais, l'année suivante, quand on essaya la graine issue des papillons de ces belles chambrées d'origine étrangère, cultivées en France, on constata immédiatement une singulière dégénérescence. Cette graine ne valait pas mieux que la graine française. On était véritablement aux prises avec une épidémie. Comment s'en défendre? Faudrait-il donc toujours s'adresser aux semences étrangères? Et si l'épidémie gagnait l'Italie, l'Espagne et les autres contrées séricicoles?

Ce que l'on redoutait arriva. Le mal s'étendit; l'Espagne et l'Italie furent frappées. Il fallut aller chercher des graines dans les îles de l'Archipel, en Grèce et en Turquie. Ces graines, d'abord très bonnes, s'infectèrent à leur tour dans leur pays d'origine; l'épidémie s'était propagée jusque-là. On alla s'approvisionner en Syrie et dans les provinces du Caucase. Le fléau suivait le commerce des graines. En 1864, toutes les semences, de quelque coin de l'Europe

qu'elles vinssent, étaient des semences malades ou suspectes. A l'extrême Orient, le Japon seul restait encore sain.

Sociétés agricoles, gouvernement, tout le monde était préoccupé du fléau et de sa marche envahissante. C'était, disait-on, quelque chose comme le choléra des vers à soie. Des centaines de brochures se publiaient chaque année. Les remèdes les plus bizarres étaient proposés, tous infaillibles, assurait-on, depuis le soufre en fleurs, les cendres et la suie répandues, tantôt sur les vers, tantôt sur les feuilles de mûrier, jusqu'aux fumigations gazeuses de chlore, de goudron, d'acide sulfureux. On prescrivit même de faire prendre aux vers du vin, du rhum et de l'absinthe, et, après l'absinthe, on conseilla d'essayer la créosote et le nitrate d'argent. En 1863, le ministre de l'agriculture, stipulant au nom de l'État, signa avec un Italien, qui avait proposé l'achat d'un procédé destiné à combattre la maladie des vers à soie, un traité par lequel, lui, ministre, s'engageait, si l'efficacité du procédé était reconnue, à solliciter une indemnité de 500,000 francs en faveur du sériciculteur italien. Des expériences eurent lieu dans douze départements, mais ne donnèrent aucun résultat

favorable. En 1865, la récolte des cocons tomba à 4 millions de kilogrammes. C'était une perte de 100 millions de francs.

Le sénat fut saisi d'une pétition désolée, signée de trois mille six cents maires, conseillers municipaux et propriétaires fonciers des départements séricicoles. La grande autorité scientifique de M. Dumas, sa connaissance de l'industrie de la soie, sa sympathie pour les souffrances d'un des départements les plus frappés, — le Gard, son pays natal, — tout contribua à le faire nommer rapporteur de la commission. Pendant qu'il rédigeait son rapport, l'idée lui vint d'engager M. Pasteur à se livrer à des recherches pour conjurer l'épidémie dont personne ne pouvait triompher.

M. Pasteur commença par décliner cette offre. C'était au moment où les résultats de ses recherches sur les ferments organisés lui ouvraient une vaste carrière; c'était au moment où, comme application de ses dernières études, il venait de reconnaître la véritable théorie de la fabrication du vinaigre et de découvrir la cause des maladies des vins; c'était au moment enfin où, après avoir fait la lumière sur la question des générations spontanées, les infiniment petits lui apparaissaient

infiniment grands. Il les voyait partout présents, soit comme agents de décomposition chargés de rendre à l'atmosphère tout ce qui a vécu, soit comme auteurs directs des maladies contagieuses. Et on lui proposait de quitter cette voie dont il était sûr, qui lui offrait de toutes parts des horizons illimités, pour entrer dans un chemin inconnu, sans issue peut-être. Ne s'exposerait-il pas à perdre des mois, des années dans des efforts stériles ?

M. Dumas insista.

« Je mets un prix extrême, dit-il à son ancien élève devenu son confrère et son ami, je mets un prix extrême à voir votre attention fixée sur la question qui intéresse mon pauvre pays. La misère dépasse tout ce que vous pouvez imaginer.

— Mais considérez, je vous prie, lui dit M. Pasteur, que je n'ai jamais touché à un ver à soie.

— Tant mieux, lui répondit M. Dumas, que vous ne sachiez rien sur le sujet, vous n'aurez d'autres idées que celles qui vous viendront de vos propres observations. »

M. Pasteur se laissa convaincre, moins par la valeur de ce argument que pour donner à son

illustre maître un témoignage de profonde déférence.

Une fois la promesse faite et la résolution prise d'aller dans le Midi, M. Pasteur se demanda quelle pourrait être la meilleure méthode à employer dans la poursuite du problème. Certes, au milieu du dédale des faits et des opinions produites, ce n'étaient point les hypothèses qui manquaient. Depuis dix-sept ans, il en surgissait de tous côtés.

Un des travaux les plus récents et les plus étendus sur la terrible épidémie avait été présenté à l'Académie des sciences par M. de Quatrefages. Un alinéa de ce mémoire avait vivement frappé M. Pasteur. M. de Quatrefages racontait que des naturalistes italiens, notamment Filippi et Cornalia, avaient rencontré chez les vers et les papillons des vers à soie de petits corpuscules visibles seulement au microscope, tous identiques de figures et de proportions. Le naturaliste Lebert assurait qu'on les constatait toujours dans les vers malades. Le docteur Osimo, de Padoue, avait même aperçu ces corpuscules dans certaines graines de vers à soie, et le docteur Vittadini avait proposé l'examen des graines au microscope pour

avoir des œufs sains. M. de Quatrefages ne signalait le fait des corpuscules qu'en passant et en doutant de sa valeur et presque de son exactitude. Ce doute aurait pu éloigner de l'esprit de M. Pasteur la pensée d'approfondir la signification de ces petits corpuscules ; mais, au milieu de la confusion générale des opinions, M. Pasteur s'attacha d'autant plus volontiers à l'idée d'une étude sur ces petits corps qu'il s'agissait d'un élément organique visible seulement au microscope. Cet instrument avait rendu à M. Pasteur de tels services dans ses délicates expériences sur les ferments qu'il fut séduit à la pensée de le reprendre encore comme un moyen de recherche.

I

Le 6 juin 1865, M. Pasteur partit pour Alais. L'émotion qu'il ressentit sur les lieux mêmes où le mal sévissait dans toute sa force, sa passion en face d'un problème à résoudre lui firent immédiatement oublier les sacrifices qu'il venait d'accomplir en quittant son laboratoire de

l'École normale. Il se promit de ne revenir à Paris qu'après avoir épuisé tous les sujets d'étude et triomphé du fléau.

Quelques heures après son arrivée, il avait déjà constaté la présence des corpuscules dans certains vers et avait pu les montrer au président et à plusieurs membres du comice agricole qui ne les avaient jamais vus. Dès le lendemain, il s'installa dans une maisonnette, à 3 kilomètres d'Alais. Deux petites éducations s'achevaient là. C'étaient à peu près les dernières; partout les cocons étaient faits. L'une de ces éducations, provenant de graines importées l'année même du Japon, avait très bien réussi; l'autre, issue aussi de graines japonaises, mais de graines reproduites dans le pays, en était à la quatrième mue et avait la plus mauvaise apparence. Or, chose singulière, en examinant au microscope une multitude de chrysalides et de papillons de la chambrée qui remplissait de joie son propriétaire, M. Pasteur trouva pour ainsi dire constamment des corpuscules, tandis que l'examen des vers de la mauvaise chambrée ne lui en offrait qu'exceptionnellement. Cette double circonstance frappa étrangement M. Pasteur. Il envoya aussitôt, dans tous les environs d'Alais,

des personnes à la recherche de quelques restes d'éducations tardives. Il attachait une importance extrême à pouvoir vérifier si la présence des corpuscules dans les chrysalides ou les papillons de bonnes chambrées et l'absence de ces mêmes corpuscules dans les vers de mauvaises chambrées étaient un fait accidentel ou un fait général. Il ne tarda pas à reconnaître que très souvent les choses se passaient ainsi. Mais qu'allait-il arriver quand les vers de la mauvaise chambrée fileraient leur cocon? M. Pasteur reconnut que, dans les chrysalides, surtout dans les chrysalides âgées, les corpuscules étaient fréquents. Quant aux papillons, issus de ces cocons, aucun n'en était privé, et ils y étaient à profusion.

Poursuivant son idée préconçue qu'une relation entre la maladie et le corpuscule pouvait exister, comme le pensaient d'ailleurs quelques observateurs, M. Pasteur déclara, dans une note présentée au comice agricole d'Alais, le 26 juin 1865, vingt jours après son arrivée, que l'on avait tort de chercher comme on le faisait le signe du mal, c'est-à-dire le corpuscule, dans les œufs ou dans les vers. Les uns et les autres pouvaient porter en eux le germe de

la maladie sans offrir de corpuscules distincts et visibles au microscope. Le mal se développant surtout dans les chrysalides et dans les papillons, c'était dans les papillons et dans les chrysalides qu'il fallait le chercher. Enfin, concluait M. Pasteur, il devait y avoir un moyen infaillible de se procurer de la graine saine, en ayant recours à des papillons exempts de corpuscules.

M. Pasteur s'empressa d'appliquer ce mode nouveau pour obtenir des graines pures. Bien que la maladie fût généralement répandue, il parvint cependant, après plusieurs jours d'observations microscopiques assidues, à rencontrer des papillons privés de corpuscules. Il en conserva précieusement la graine, ainsi que la graine issue de couples très corpusculeux, se promettant d'attendre l'année suivante ce que donneraient ces graines, — les premières vraisemblablement exemptes de corpuscules et les autres corpusculeuses. On aurait dès lors, quoique sur une petite échelle, des éducations primitivement saines et d'autres malades dont la comparaison avec les éducations industrielles, toutes plus ou moins frappées par le mal, ferait surgir des vues toutes nouvelles. Qui sait

même, se disait M. Pasteur, s'il n'y a pas dans l'application pratique de cette production de graines pures à l'aide de papillons exempts de corpuscules le salut de la sériciculture?

A peine M. Pasteur avait-il fait connaître d'abord au Comice agricole d'Alais, puis à l'Académie des sciences, le résultat de ses premières observations et les inductions auxquelles elles donnaient lieu, que s'élevèrent de toutes parts des critiques sans nombre. On lui objecta que les travaux de plusieurs savants italiens établissaient, à n'en pouvoir douter, que les corpuscules étaient un élément normal de certains vers et particulièrement de tous les papillons, lorsqu'ils avançaient en âge, que d'autres auteurs avaient affirmé qu'il suffisait de mettre des vers à la diète pour faire apparaître dans tous leurs tissus ces fameux corpuscules, que le docteur Gaëtano Cantoni avait déjà essayé des éducations avec des graines provenant de papillons sans corpuscules et qu'il avait totalement échoué.

« Vos efforts seront vains, écrivait le célèbre entomologiste italien Cornalia, vos œufs choisis donneront des vers sains, mais ces vers devien-

dront malades par suite du génie épidémique qui règne partout. »

Tout autre que M. Pasteur eût été ébranlé, mais M. Pasteur n'était pas homme à se décourager sur la foi de vues *à priori* et d'assertions plus ou moins hasardées. Il se promit de n'abandonner son idée préconçue que lorsque l'expérimentation aurait prononcé avec rigueur. Toute recherche scientifique, pour être abordée et poursuivie avec succès, doit avoir pour point de départ une idée préconçue, une hypothèse dont on s'efforce, par l'expérimentation, de vérifier l'exactitude et la portée. Pour juger de la valeur des faits que M. Pasteur venait d'annoncer, la question était de savoir s'il y avait une relation de cause à effet entre les corpuscules et la maladie régnante. C'était là le grand point à éclaircir.

Mais s'il avait découvert sans tâtonnement la voie qu'il fallait suivre, M. Pasteur s'y avança ensuite avec sa rare prudence d'expérimentateur. Pendant cinq années, il revint s'installer plusieurs mois près d'Alais. La petite maison blottie dans les arbres, que l'on appelle le Pont-Gisquet, devint à la fois son habitation et sa magnanerie.

Elle est cernée par des montagnes où s'étagent des gradins plantés en mûriers. La solitude était profonde. Mme Pasteur et sa fille se transformèrent en magnanarelles, prenant leur rôle au sérieux, non seulement faisant la cueillette de la feuille du mûrier, mais s'associant encore à toutes les expériences tentées. Les préparateurs de l'École normale, les Duclaux, les Gernez, les Maillot et les Raulin vinrent se grouper autour de leur maître. Ainsi se forma dans ce coin perdu des Cévennes une colonie cherchant avec ardeur la solution d'un obscur problème et les moyens de guérir ou de prévenir une maladie qui tarissait depuis si longtemps une des grandes sources de la richesse nationale.

Un des premiers soins de M. Pasteur fut de résoudre la question de la contagion du mal. On avait bâti beaucoup d'hypothèses sur cette contagion, mais on avait essayé très peu d'expériences et aucune des expériences faites n'avait été décisive. Aussi les opinions étaient-elles très partagées. Les uns considéraient que la contagion était certaine; le plus grand nombre la mettait en doute ou en niait l'existence. Quelques-uns la considéraient comme acciden-

telle. On disait, par exemple, que le mal n'était pas contagieux par lui-même, mais qu'il le devenait lorsqu'il y avait présence et complication d'autres maladies qui, elles, étaient contagieuses. L'hypothèse était commode et permettait d'expliquer des faits contradictoires. Si des personnes avaient vu des vers sains, mêlés par mégarde ou volontairement à des vers malades, périr tous, et si elles affirmaient la contagion, d'autres personnes répondaient aussitôt par des observations diamétralement opposées.

Quelles que fussent les divergences d'opinions, tout le monde croyait cependant à l'existence d'un milieu délétère rendu épidémique par quelque influence occulte. M. Pasteur parvint bientôt, par des expériences rigoureuses, à démontrer que le mal était absolument contagieux.

Voici quelle fut une de ces premières expériences. Il prit de très bons vers, exempts de la maladie des corpuscules, au sortir de leur première mue, et il leur donna un repas de feuilles corpusculeuses. Rien de plus simple : il broya un ver à soie, délayé dans un peu d'eau, et il passa sur toute la surface des feuilles un pinceau trempé dans ce liquide. Pendant plusieurs jours,

on ne s'aperçut pas le moins du monde que les vers fussent en proie à un mal intérieur. Les vers arrivèrent à la seconde mue avec le même ensemble que des vers d'un lot témoin qui n'avait pas été contagionné. La seconde mue s'accomplit sans éprouver de retard : c'était la preuve que tous les vers, contagionnés et témoins, avaient pris la même quantité de nourriture. Le parasite n'avait pas l'air d'être présent. Les choses continuèrent ainsi quelques jours encore. La troisième mue elle-même se fit sans une différence bien sensible entre les deux lots de vers. Mais bientôt survinrent des changements profonds. Les corpuscules, qui ne s'étaient montrés jusque-là que dans les tuniques de l'intestin, ne tardèrent pas à apparaître dans les autres organes. Dès le deuxième jour qui suivit la troisième mue, c'est-à-dire le douzième depuis la contagion, une inégalité sensible sépara les vers contagionnés de ceux qui ne l'étaient pas. Les vers du lot témoin étaient visiblement bien mieux portants. En regardant à la loupe les contagionnés, on distinguait sur leur tête et sur les anneaux de leur corps une multitude de petites taches qui jusque-là ne s'étaient pas montrées. Les taches apparaissaient sur la peau extérieure,

lorsque la peau intérieure du canal intestinal contenait un nombre assez considérable de corpuscules. C'étaient ces corpuscules qui entravaient les fonctions digestives et gênaient l'assimilation de la nourriture ingérée. De là l'inégalité des vers. Après la quatrième mue, on eut sous les yeux l'image du mal tel qu'il éclatait à chaque instant dans les magnaneries industrielles, notamment ce symptôme des taches sur la peau qui faisaient appeler la maladie du nom de pébrine. Les paysans disaient que les vers étaient poivrés. La plupart des vers étaient remplis de corpuscules. Ceux qui firent leur cocon donnèrent des chrysalides qui n'étaient pour ainsi dire qu'une bouillie corpusculeuse.

Que d'enseignements dans cette simple expérience! Le corpuscule ingéré dans le canal intestinal en même temps que la nourriture des vers pouvait donc porter l'infection dans ce canal intestinal et progressivement dans tous les tissus. Le mal pouvait avoir dans certains cas une longue incubation, puisque ce n'était qu'au douzième jour qu'on s'en était aperçu. Enfin les taches de pébrine sur la peau, loin d'être la maladie, n'étaient que l'effet du corpuscule développé à l'intérieur. Elles n'étaient qu'un signe déjà éloi-

gné du mal. « Ah ! se disait à ce spectacle M. Pasteur, si l'on rapprochait ces taches de pébrine de certaines maladies humaines dans lesquelles apparaissent sur le corps des taches ou pétéchies, que d'inductions intéressantes se présenteraient à des esprits préparés ! »

M. Pasteur ne se lassait point de reproduire cette curieuse expérience en en faisant varier les conditions. Tantôt il introduisait les repas corpusculeux dans l'éducation des vers sains dès leur naissance, tantôt à la seconde, tantôt à la troisième mue. Parfois c'était au moment où les vers allaient faire leur cocon que ce repas corpusculeux leur était servi. Tous les désastres que l'on constatait dans les magnaneries, leur étendue et leurs formes multiples apparaissaient fidèlement reproduits. M. Pasteur créait à volonté telle ou telle manifestation de la pébrine. Quand il contagionnait, par de la matière fraîche de corpuscules, des vers très sains après leur quatrième mue, ces vers, même à la suite de plusieurs repas de feuilles corpusculeuses, alternant avec des repas de feuilles saines, faisaient leur cocon. On eût dit que la contagion, dans ce cas, n'avait pas lieu. Ce n'était là qu'une apparence trompeuse. La communication du mal s'accusait

au plus haut degré dans les chrysalides et dans les papillons. Beaucoup de chrysalides mouraient avant de se transformer en papillons et leur corps était pour ainsi dire exclusivement composé de corpuscules. Les papillons, qui s'étaient formés et qui sortaient de leur cocon, avaient le plus triste aspect. Le mal pouvait même aller jusqu'à rendre l'accouplement et la ponte impossibles.

Fidèle aux prescriptions de la méthode expérimentale, M. Pasteur avait le soin de reproduire ces mêmes expériences avec des vers du lot témoin, d'où l'on avait extrait les vers contagionnés. Il donnait à manger à ces premiers vers sains non plus des feuilles contaminées de cadavres corpusculeux, mais des feuilles sur lesquelles on avait étendu au pinceau une bouillie claire de débris de papillons ou de vers exempts de corpuscules. Ces repas laissaient aux vers leur santé habituelle. Était-il une meilleure preuve que le corpuscule fût bien à lui seul la cause de la pébrine?

Toutes ces expériences variées, je le répète, à l'infini jetaient une vive lumière sur la maladie et rendaient un compte exact de ce qui se passait dans les éducations industrielles. Depuis le mal qui s'abattait aux premiers jours de la naissance

du ver et décimait une chambrée, jusqu'au mal invisible qui s'enfermait pour ainsi dire dans le cocon, tout s'expliquait maintenant. Un des effets du fléau qui avait le plus excité la surprise et dérouté les efforts des éducateurs était l'impossibilité des grainages productifs, alors même qu'on essayait de faire de la graine avec les cocons de chambrées très réussies au point de vue de la production des cocons. On constatait à peu près infailliblement, l'année suivante, que la semence de ces belles chambrées était improductive. Nombre de Comices agricoles et de praticiens, ne pouvant croire à l'existence du mal dans des chambrées aussi satisfaisantes par l'abondance du produit et la beauté des cocons, s'obstinaient à croire que les échecs avaient une tout autre cause que la graine elle-même. Il en résultait déceptions sur déceptions, souvent même des méprises très regrettables. On voyait fréquemment les éducateurs les plus honnêtes livrer au grainage de très belles récoltes, parce qu'ils n'avaient observé chez les vers ni taches de pébrine accusées, ni corpuscules, même à l'époque de la bruyère, et que la montée s'était faite dans les meilleures conditions. Et l'année suivante, ils avaient la douleur de voir périr toutes les

éducations de ces graines. De telles circonstances, si bien faites pour jeter le découragement et donner au fléau un caractère mystérieux, trouvaient leur explication naturelle dans les faits de contagion expérimentale.

Toutefois, comme il n'arrive jamais à l'éducateur de contagionner directement les vers en leur donnant à manger des feuilles volontairement chargées de débris corpusculeux, on pouvait se demander comment, dans les éducations industrielles, se produisaient de pareils faits. M. Pasteur ne tarda pas à résoudre cette difficulté.

Dans une éducation où se trouvent des vers corpusculeux, ceux-ci fournissent sans cesse une matière contagionnante qui tombe sur la feuille et la souille. Ce sont les déjections de ces vers que le microscope montre plus ou moins remplies de corpuscules enlevés aux parois du canal intestinal. C'est là qu'ils pullulent. On conçoit aisément que les déjections qui tombent sur la feuille la contaminent d'autant plus facilement que les vers en rampant pressent par le poids de leur corps ces déjections contre la feuille. Telle est une des causes de contagion naturelle. M. Pasteur, à l'aide des déjections des vers corpusculeux, déjections écrasées, délayées dans quelques


gouttes d'eau, étendues ensuite au pinceau sur la feuille de mûrier destinée même à un seul repas, contagionna autant de vers qu'il voulut.

Il constata aussi l'existence d'une autre cause de contagion naturelle et directe. Les six pattes antérieures du corps des vers sont terminées par des crochets pointus, à l'aide desquels les vers se piquent la peau les uns les autres. Que l'on imagine un ver sain passant sur le corps d'un ver corpusculeux. Les crochets du premier ver, en pénétrant dans la peau du second, peuvent se souiller des corpuscules placés immédiatement sous cette peau et ces crochets sont prêts à aller porter le mal sur d'autres vers sains piqués à leur tour. Pour démontrer expérimentalement, comme l'a fait M. Pasteur, l'existence de cette cause de contagion, il suffit de prendre des vers et de les amener à se blesser eux-mêmes. Enfin l'infection à distance, par l'intermédiaire de l'air et des poussières qu'il transporte, n'est pas un

fait moins avéré. Il suffit de soulever, par le balayage de la chambrée ou par le nettoyage des claies, les poussières de déjections corpusculeuses, les débris desséchés de vers morts et de les laisser se répandre sur des claies de vers sains pour voir apparaître au bout d'un certain

temps la contagion dans ces vers. Les vers très sains, fussent-ils placés dans une magnanerie à une assez grande distance des vers malades, seront infectés à leur tour.

Certes, il n'était plus possible, après tant d'expériences décisives, de ne pas voir dans la pébrine une maladie essentiellement contagieuse. Cependant, parmi les faits qui étaient invoqués en faveur de la non-contagion, il en est un qu'il était difficile d'expliquer. Il existait plusieurs exemples d'éducations réussies, quoique faites dans des magnaneries qui avaient, l'année précédente, absolument échoué par la pébrine. M. Pasteur démontra que si les poussières peuvent servir d'éléments de contagion, c'est à la condition que ces poussières soient fraîches. La matière corpusculeuse, en se desséchant, perd sa virulence, si l'on peut parler ainsi. Il suffit de quelques semaines pour que cette matière devienne inoffensive. Les poussières d'une année ne sont donc point nuisibles aux éducations de l'année suivante. La maladie s'éteint sur place. Ce qui la rend transmissible, ce sont uniquement les corpuscules contenus dans les œufs des éducations à venir.

Et quoi de plus facile à comprendre que la

présence du parasite corpusculeux dans la graine! L'œuf prend naissance pendant cette merveilleuse phase de la vie du ver à soie qui, après avoir filé son cocon, s'y chrysalide, s'y endort et se résout, pour ainsi dire, dans des sortes d'albumine et de vitelline, d'où sortira un papillon tout formé comme un poussin sort de son œuf. Que l'on imagine cette gangue d'une vie prochaine, non plus dans sa pureté normale, mais associée à un parasite qui, lui aussi, va trouver dans ces matières si propres à la vie et à ses transformations les éléments de sa nourriture et de sa multiplication. Il sera là, ce parasite, au moment où les œufs du papillon femelle, tendres et mous comme de l'albumine, commenceront de dessiner leur contour. Malheur à ces œufs, s'ils enferment alors quelques parcelles de corpuscule ou de sa matrice originelle! L'enveloppe de ces œufs aura beau devenir peu à peu dure et cornée, l'ennemi sera dans la place et plus tard il se retrouvera dans l'embryon du ver à soie.

C'est ainsi que cette terrible épizootie est tout à la fois contagieuse et héréditaire, toute prête à nous permettre de comprendre l'évolution de ce double caractère dans certaines maladies des hommes et des animaux.

II

Lorsque M. Pasteur se rendit pour la première fois à Alais, l'épidémie des vers à soie était universellement rapportée à une seule cause, la pébrine, et la pébrine s'appelait *la maladie*. Ce mot disait tout. Il indiquait que l'on avait affaire à un fléau mystérieux, insaisissable dans sa nature et dans ses origines, prêt à sévir sur toutes les édueations. Quoi qu'il advînt, quelle que fût la cause de ruine d'une magnanerie, on accusait la maladie. Une des preuves les plus frappantes que le mal était rapporté à la pébrine seule se trouve dans la proposition d'un prix de 5,000 florins fondé en 1868 par le gouvernement autrichien pour récompenser l'auteur du meilleur remède préventif ou curatif capable d'empêcher la pébrine, « maladie épidémique sévissant sur le ver à soie ».

Si l'on embrasse maintenant d'un coup d'œil les principes qui viennent d'être établis, on jugera que la pébrine pouvait être considérée

comme vaincue. M. Pasteur avait démontré que les papillons exempts de corpuscules ne donnent jamais naissance à un seul œuf corpusculeux; il avait prouvé. en outre, que des graines, élevées isolément, loin d'un voisinage immédiat avec des graines contaminées, ne produisent ni vers, ni chrysalides, ni papillons corpusculeux. Il était donc facile de multiplier l'existence de chambrées exemptes de pébrine. La production de la soie, la production des graines était ainsi assurée. Pour constater si les graines étaient pures, on n'avait qu'à recourir à des observations microscopiques portant sur les papillons reproducteurs. Ces observations pouvaient être faites par des femmes, des jeunes filles, des enfants même. Il suffisait de broyer un papillon avec quelques gouttes d'eau et de placer sur le champ du microscope une goutte de cette bouillie pour voir apparaître nettement les corpuscules, quand ils existaient. Il semblait donc qu'on en eût fini avec le fléau. Mais M. Pasteur ne tarda pas à reconnaître que la croyance générale à une maladie unique n'était pas justifiée. Si les expériences de 1866 lui avaient démontré toute l'extension de la maladie des corpuscules et avaient fondé les principes d'une pratique propre à la préve-

nir, la méthode qu'il avait adoptée devait lui servir à démontrer que la pébrine était loin d'être la seule cause dont souffrait la sériciculture.

Ce fut en 1867 que ce résultat fut acquis. Cette année-là compta double au point de vue expérimental pour M. Pasteur. Obéissant à la fois à une profonde sympathie pour les souffrances et les misères dont il venait d'être témoin deux années de suite, et impatient en même temps d'avoir raison du fléau, M. Pasteur commença, aux mois de février, de mars et d'avril, avant les grandes éducations industrielles, une série d'expériences sur des vers éclos par une chaleur artificielle et nourris de feuilles de mûriers venus en serre chaude.

Or, pendant ces essais précoces, sur 16 pontes provenant de parents non corpusculeux, M. Pasteur en vit 15 réussir, tandis que la seizième périt presque entièrement entre la quatrième mue et la montée à la bruyère. Après avoir témoigné de la plus belle apparence, les vers mouraient tout à coup. Dans une éducation de 100 vers, on relevait chaque jour 10, 15, 20 morts, qui devenaient noirs et tombaient en putréfaction avec une rapidité extraordinaire,

souvent même dans l'espace de vingt-quatre heures. Parfois, ils étaient mous, flasques, pareils à un boyau vide et plissé. En consultant les auteurs qui avaient écrit sur les vers à soie, M. Pasteur ne put douter qu'il n'eût sous les yeux un exemple caractérisé de la maladie dite des *morts-flats* ou *flacherie*. Outre que ces vers ne montraient jamais les taches de la pébrine, on n'y rencontrait nulle part dans leur corps la présence des corpuscules. Ce qui était plus significatif encore, les corpuscules se trouvaient également absents dans les chrysalides et dans les papillons des rares vers qui purent faire leur cocon. Quoiqu'un tel exemple ne portât que sur une seule ponte issue de parents privés de corpuscules, M. Pasteur ne laissa pas d'avoir quelques doutes sur l'existence d'une maladie unique, ainsi que sur une dépendance nécessaire entre la pébrine et la flacherie.

Ces premiers soupçons devaient se confirmer bientôt dans ses éducations du mois d'avril et du mois de mai. De nombreux exemples de flacherie se présentèrent. Sur le point principal de l'indépendance entre les deux maladies, pébrine et flacherie, l'incertitude n'était plus possible. Les éducations atteintes, même au plus haut

degré, par la maladie des morts-flats venaient de graines nées de parents exempts de corpuscules et conduisaient elles-mêmes à des reproducteurs également privés de ce parasite. En parcourant une multitude d'éducations industrielles, M. Pasteur ne tarda pas à constater que ce qui se passait dans son laboratoire avait un caractère très général, et que, contrairement à l'opinion commune, deux maladies se partageaient les causes de tous les malheurs : la pébrine et la flacherie. La pébrine était évidemment plus répandue, mais la flacherie avait aussi sa part et sa très grande part de désastres.

Là encore, dans cette nouvelle étude, la puissance du microscope vint à l'aide de M. Pasteur. Si, à l'époque de l'éducation des vers à soie où la moyenne de la température est toujours assez élevée, on broie dans un mortier, en la mêlant à quelques gouttes d'eau, de la feuille de mûrier et qu'on abandonne ce liquide à lui-même, on le trouve, même après vingt-quatre heures, rempli de petits organismes microscopiques. Les uns immobiles ressemblant à de petits bâtonnets ou à des grains soudés bout à bout comme de petits chapelets; d'autres, plus ou moins agiles, flexueux, doués d'un mouvement vermiforme,

de la nature des vibrions et que l'on rencontre dans presque toutes les infusions organiques en voie d'altération. D'où viennent ces organismes microscopiques ? Il suffit de se rappeler les faits relatifs à la génération dite spontanée pour savoir que ces germes étaient à la surface de la feuille broyée ou qu'ils étaient répandus, sous forme de poussières, sur les objets qui ont servi à triturer cette feuille, — mortier, pilon, gouttes d'eau ajoutées.

Chose bien singulière! Si l'on vient à ouvrir le canal intestinal d'un ver en pleine digestion, la feuille broyée qui le remplit d'un bout à l'autre ne montrera des organismes microscopiques d'aucune sorte. On n'y verra que cellules du parenchyme de la feuille, grains verts de chlorophylle de la feuille, et débris de trachées. Sous l'influence des liquides que sécrètent les glandes qui tapissent les tuniques du canal intestinal, les germes d'organismes sont eux-mêmes digérés ou gênés dans leur développement. Les fonctions digestives des vers à soie ont une si grande activité que tout est entraîné, détruit à la manière des feuilles elles-mêmes.

Mais que, dans telle ou telle circonstance, la digestion du ver soit ralentie ou suspendue,

alors ces germes extérieurs, ingérés dans le canal intestinal en même temps que la nourriture du ver, donneront lieu à la multiplication des êtres microscopiques qui se forment toujours dans la feuille broyée artificiellement avec un peu d'eau. Que de causes peuvent entraver cette fonction digestive du ver, fonction d'une telle importance pour un être qui, dans l'intervalle d'un mois, passe du poids d'un demi-milligramme au poids de 5, 6, 7 et 8 grammes! M. Pasteur constata que, toutes les fois qu'un ver était atteint de flacherie, ce ver avait certainement dans son canal intestinal sa matière nutritive associée à l'un ou à l'autre, ou à l'ensemble des organismes microscopiques que l'on rencontre toujours dans la feuille de mûrier triturée. « Tout ver flat, disait M. Pasteur, résumant dans une sorte d'aphorisme une série d'observations, est un ver qui digère mal, et inversement, tout ver qui digère mal est condamné à périr de la flacherie ou à fournir une chrysalide et un papillon dont la vie ne s'est pas normalement accomplie, à cause du trouble apporté par des ferments organisés. »

Ainsi que pour la pébrine, les symptômes morbides de la flacherie sont extrêmement variables.

Tout dépend de l'intensité du mal, c'est-à-dire de l'abondance et de la nature des parasites développés dans le canal intestinal, et tout dépend aussi de l'époque de la vie du ver où cette fermentation a commencé de se montrer. Les plus dangereux de tous ces ferments sont ceux qui sont de la famille des vibrions. S'ils existent aux premières phases de la vie du ver, le ver meurt promptement. Il ne tarde pas à tomber en putréfaction, et parfois il se résout en une sanie infecte. Mais souvent la maladie se présente dans des conditions particulièrement affligeantes et désastreuses pour l'éducateur. La chambrée a présenté la plus belle apparence jusqu'à l'époque de la montée à la bruyère. A peine la mortalité a-t-elle été de deux à trois pour cent, ce qui n'est rien. Les mues se sont opérées avec un ensemble parfait; puis, tout à coup, quelques jours après la quatrième mue, les vers deviennent languissants; ils rampent péniblement, ils hésitent à s'emparer de la feuille au moment où on la leur jette sur les claies. Si quelques-uns sont montés sur la bruyère, ils s'allongent sur les brindilles, le corps gonflé d'une nourriture qu'ils ne peuvent digérer. Quelquefois ils restent là sans mouvement jusqu'à leur mort ou tombent pendus et

Pébrine et Flacherie.

retenus seulement par leurs fausses pattes. Les rares papillons qui ont réussi à percer leur cocon n'offrent pas le moindre corpuscule; ils peuvent faire de la graine, mais cette graine, née de parents affaiblis, donne l'année suivante une génération menacée de flacherie. C'est en ce sens que la flacherie peut être une maladie héréditaire, quoique les parasites du canal intestinal auxquels est due la flacherie ne se transmettent jamais à la graine et aux vers qui en naissent. Les vers ne sont qu'atteints dans leur constitution, et, sans force de résistance contre tout ce qui peut altérer chez eux les fonctions digestives, ils sont à la merci des mauvaises chances d'éducation.

Un trop grand assemblage de vers dans une magnanerie, une trop grande élévation de température au moment des mues, un temps orageux qui prédispose les matières organiques à la fermentation, l'emploi d'une feuille échauffée, d'une feuille mouillée, surtout par un brouillard ou par la rosée du matin ou du soir qui accumule sur la feuille les germes en suspension dans une grande masse d'air, voilà autant de causes propres à diminuer l'activité des fonctions digestives des vers et à faire naître, à la

suite d'une fermentation de la feuille dans le canal intestinal, la maladie des morts-flats. Souvent aussi, la flacherie dépend de fautes commises par l'éducateur dans les soins que réclame son précieux « bétail », selon l'expression du XVIe siècle.

Dans un livre chinois publié sur l'éducation des vers à soie, il y a une série de petits conseils pratiques. « La personne qui soigne les vers à soie, dit ce guide du parfait éducateur, doit porter un vêtement simple, non doublé. Elle réglera la température de l'atelier d'après la sensation de froid ou de chaud qu'elle éprouvera. Si elle sent le froid, elle jugera que les vers ont froid, et elle augmentera le feu; si elle sent de la chaleur, elle conclura que les vers ont trop chaud et elle diminuera convenablement le feu. »

Un point qui était ignoré jusqu'aux expériences de M. Pasteur était le caractère contagieux de la flacherie. Cette contagion peut dépasser, au point de vue de la durée du danger, la pébrine elle-même. Dans la pébrine, en effet, la matière des corpuscules desséchés perd toute virulence dans l'intervalle de quelques semaines. La pébrine ne peut pas, nous l'avons vu, se communiquer d'une année à l'autre par les poussières



corpusculeuses d'une magnanerie. Les germes, au contraire, des organismes microscopiques qui provoquent la fermentation de la feuille du mûrier et notamment des vibrions conservent leur vitalité pendant plusieurs années. Les poussières d'une magnanerie infectée par la flacherie se présentent au microscope toutes remplies de kystes ou spores de vibrions. Spores ou kystes sommeillent comme la belle au bois dormant, jusqu'à ce qu'une goutte d'eau tombe sur eux, les réveille et leur donne la vie. Déposés sur la feuille qui va être mangée, ces germes de vibrions pénètrent dans le canal intestinal des vers, se développent, se multiplient et troublent complètement les fonctions digestives des vers, à moins que ces fonctions n'aient une telle puissance que ces germes soient immédiatement arrêtés et digérés. C'est ce qui arrive quand les vers sont en pleine vigueur. Il y a là un combat de la vie, et les vers ont souvent la victoire.

En donnant à des vers très sains un repas de feuilles recouvertes de poussières sèches d'une magnanerie infectée l'année précédente par la pébrine et la flacherie, M. Pasteur provoqua la flacherie et nullement la pébrine. A plus forte raison, fit-il naître la première de ces maladies,

quand il donna des repas de feuilles souillées par le contenu du canal intestinal des vers flats. De même que dans la pébrine, les déjections des vers atteints de la flacherie qui souillent les feuilles de la litière portent le mal dans les vers sains ou ajoutent à la fermentation dangereuse dans le canal de ceux qui sont déjà en partie envahis.

Pour préserver les vers à soie de la flacherie accidentelle, il suffit de soins hygiéniques. Quant à la flacherie par hérédité, ou, pour mieux dire, pour celle qui se développe facilement par une diminution de vigueur dans les œufs et dans l'embryon, M. Pasteur trouva encore une fois le remède dans le recours au microscope. Grâce au microscope, on peut se rendre compte de la santé des vers, des chrysalides et des papillons destinés à produire la graine que l'on veut élever. Toute l'attention doit se porter sur l'absence absolue des ferments dans le canal intestinal des vers et dans la poche stomacale des chrysalides, petite poche à laquelle se réduit tout le canal intestinal du ver et son contenu plus ou moins transformé. Mais si l'on n'a pas le temps de faire au microscope cette recherche des ferments parasitaires, une simple observation des

vers à la fin de leur dernier âge peut suffire. M. Pasteur a beaucoup insisté sur cette observation des vers lorsqu'ils montent à la bruyère.

« Si j'étais éducateur des vers à soie, a-t-il écrit dans son beau livre sur la maladie des vers à soie, je ne voudrais jamais élever une graine née de vers que je n'aurais pas observés à maintes reprises dans les derniers jours de leur vie, afin de constater leur vigueur, c'est-à-dire leur agilité au moment de filer leur soie. Servez-vous de graines provenant de papillons dont les vers sont montés avec prestesse à la bruyère, sans offrir de mortalité par la flacherie de la quatrième mue à la montée, et ne contenant pas le moindre corpuscule de la pébrine, et vous réussirez dans toutes vos éducations. »

III

Nous voici arrivés au terme de cette longue étude. Toutes les obscurités qui enveloppaient à l'origine la maladie des vers à soie étaient désormais dissipées. M. Pasteur était arrivé à

si bien connaître et les causes du mal et leurs manifestations différentes qu'il était en mesure de donner à volonté soit la pébrine, soit la flacherie. Il pouvait graduer l'intensité du mal, lui commander d'apparaître à tel jour, presque à telle heure. Mais que fallait-il faire maintenant pour transporter dans la pratique les résultats de ses travaux de laboratoire?

Dès l'origine du fléau et après quelques hésitations qui furent bientôt dissipées, on vit bien que c'était au mauvais état des graines qu'il fallait attribuer tout le mal. Le palliatif des explorations lointaines pour se procurer des semences non infectées était à la fois insuffisant et précaire. C'était aller chercher bien loin et payer fort cher des graines dont on n'était pas sûr. Le salut des éducations de vers à soie ne pouvait résulter que de la connaissance de procédés capables de rendre aux graines indigènes leur qualité d'autrefois.

Ce problème, les résultats obtenus par M. Pasteur suffirent à le résoudre. La lutte contre la flacherie est facile. Mais reste la lutte contre la pébrine. M. Pasteur imagina, pour triompher de cette maladie si menaçante, une série d'opérations extrêmement simples.

Voici une chambrée très réussie. Les mues, la montée à la bruyère, rien n'a laissé à désirer. Les cocons sont achevés, on n'attend plus que la sortie des papillons. Ils arrivent, ils s'accouplent. Alors commence le rôle de l'éducateur, soucieux du grainage. Il désaccouple les papillons à la fin de la journée, il dépose chaque femelle sur de petits linges suspendus horizontalement. Les femelles pondent leurs œufs. Après la ponte, on prend chaque femelle à tour de rôle et on l'épingle, en lui traversant les ailes, dans un coin replié du petit linge où sont groupées les quelques centaines d'œufs qu'elle a pondus. On pourrait, sur un autre coin de chacun des morceaux de toile, épingler également le mâle, mais on a reconnu que l'examen ultérieur du mâle était inutile : il ne communique pas la pébrine. Le papillon femelle, après s'être desséché au libre contact de l'air, est examiné à loisir, fût-ce même en automne ou en hiver. Rien de plus facile que de se rendre compte s'il y a des corpuscules dans le cadavre. On broie le papillon dans un mortier, on le délaie avec un peu d'eau et on examine au microscope une goutte de la bouillie. S'il y a le moindre corpuscule, on

sait où est le morceau de toile correspondant au papillon examiné et on brûle la toile et les œufs.

Au fond, cette manière de se procurer de la graine pure n'est que le développement rationnel et définitivement établi par l'expérience des premières inductions que, dès le mois de juin 1865, M. Pasteur avait exposées au Comice agricole d'Alais. A cette époque, M. Pasteur ne pouvait espérer autre chose, et encore avec timidité, que le moyen de préparer en très petite quantité une graine saine pour un travail d'étude, mais les choses s'arrangèrent de telle sorte que le point de départ, qui paraissait de pure science, renfermait l'avenir d'une méthode susceptible d'une application pratique étendue. Ce procédé de grainage est aujourd'hui universellement adopté. Dans les Basses-Alpes, dans l'Ardèche, dans le Gard, dans la Drôme et à l'étranger on rencontre partout, à l'époque des grainages, des ateliers où des femmes et des jeunes filles sont occupées par centaines, — avec une remarquable division du travail et sous la surveillance de contrôles sévères et multipliés de contre-maîtres habiles, — au broiement des papillons, à l'examen microscopique, au triage et au classement des

et je remets les mères, si elles ont des corpuscules brûle les oeufs, si elles n'ont pas de corpuscules, les oeufs sont bons -

petites toiles sur lesquelles sont déposées les graines.

Mais si M. Pasteur ramena la richesse dans des pays désolés, s'il revint à Paris heureux de la victoire obtenue, il avait subi de telles fatigues, il avait tellement abusé du microscope dans la préoccupation de ces expériences quotidiennes et diverses, qu'il fut, au mois d'octobre 1868, frappé d'hémiplégie. Au moment où il vit la mort s'approcher, il dicta à sa femme une dernière note sur les études qui lui tenaient tant à cœur. Cette note fut communiquée à l'Académie des sciences huit jours après cette terrible épreuve.

Une âme si maîtresse de son corps finit par triompher du mal. Mais, paralysé du côté gauche, M. Pasteur ne retrouva jamais l'usage complet de ses membres. Aujourd'hui encore, seize ans après cette atteinte, il a la démarche d'un blessé. Que d'étapes ce blessé devait parcourir, et quels triomphes lui étaient réservés!

EXPÉRIENCES DÉCISIVES

Après avoir dicté cette note scientifique qu'il croyait être la dernière, son courage l'abandonna un instant. « Je regrette de mourir, dit-il à son ami Sainte-Claire Deville, accouru à son chevet, j'aurais voulu rendre plus de services à mon pays. »

La mort finit par s'éloigner; mais, pendant plus de deux mois, M. Pasteur resta entièrement paralysé, incapable de faire le moindre mouvement. Frappé ainsi en pleine force, à quarante-cinq ans, il se rendait cruellement compte de son état. D'ailleurs, même au plus fort de son attaque, sa lucidité d'esprit lui était restée. Il avait signalé au médecin, sans que sa voix se troublât, la marche envahissante de la paralysie.

Puis, se reprochant d'augmenter, par l'appréciation si précise de son mal, la douleur de sa femme, il ne laissa plus échapper le moindre mot sur sa situation de patient et d'infirme. Parfois même, quand il entendait ses deux chers préparateurs, M. Gernez et M. Duclaux, dont le dévouement durant ces tristes jours ne put être comparé qu'à celui de Mme Pasteur, lui parler de travaux prochains, il entrait dans leur pensée, il paraissait ajouter foi à leurs espérances. Il finit par les partager.

1869 Au mois de janvier 1869, bien qu'il lui fût encore impossible de se traîner dans sa chambre, il était si ému des contradictions que soulevait son procédé de grainage qu'il voulut repartir alais pour Alais. « Nous tenterons, disait-il, grâce au système d'éducations artificielles, des essais précoces de vers à soie et nous réduirons à néant les dernières oppositions. Il y va d'un principe scientifique et d'un élément de richesse nationale. »

Il fallut céder à son désir. Ah! le terrible voyage plein d'anxiétés! C'était à quelques lieues d'Alais, à Saint-Hippolyte-du-Fort, que se faisaient les essais précoces. M. Pasteur s'arrêta là. Il s'installa, il campa pour mieux dire, avec sa famille et ses préparateurs dans une maison plus

que modeste, une de ces maisons mesquines, froides et carrelées de province. Du fond de son fauteuil, M. Pasteur dirigeait les expériences, contrôlait l'exactitude des observations qu'il avait faites l'année précédente. Chacune de ses prévisions sur la destinée de telle et telle chambrée se vérifia dans les moindres détails. Au printemps suivant, il partit pour Alais et suivit dans toutes leurs phases, depuis la graine jusqu'au cocon, les éducations entreprises. Il eut la joie de constater une fois de plus la sûreté de sa méthode.

Mais les oppositions duraient toujours. Le gouvernement français, ébranlé par la violence et la ténacité des contradicteurs, hésitait à conclure sur la valeur du procédé de grainage. L'empereur intervint. Il chargea le maréchal Vaillant de proposer à M. Pasteur d'aller en Autriche dans une villa qui appartenait au prince impérial, la villa Vicentina. Depuis dix années, la récolte des vers à soie à la villa n'avait pas même suffi à payer l'achat de la graine qu'on y élevait. M. Pasteur accepta avec joie la perspective d'une grande expérience de contrôle. Il traversa, couché dans un wagon ou transporté dans un fauteuil, la France et l'Italie; il arriva enfin près de Trieste à la villa impériale. Les éducations de la graine

Pasteur réussirent à merveille. La vente des cocons donna à la villa un bénéfice net de vingt-six mille francs. L'empereur, édifié sur la valeur pratique du procédé, nomma, au mois de juillet 1870, M. Pasteur sénateur; mais cette nomination n'eut pas le temps de paraître au *Journal officiel;* elle fut emportée comme tant d'autres choses. M. Pasteur, du reste, ne songeait guère à un titre de sénateur. Il revint en France à la veille de la déclaration de guerre.

Patriote jusqu'au fond de l'âme, il ressentit avec une douleur poignante nos premiers désastres. Les bulletins de défaite, qui arrivaient avec une sombre monotonie, le jetaient dans un profond désespoir. Pour la première fois de sa vie, il n'avait plus la force de travailler. Il vivait en vaincu dans sa petite maison d'Arbois. Souvent, quand on entrait dans sa chambre, on le trouvait le visage inondé de larmes. Le 18 janvier 1871, il écrivit au doyen de l'Académie de médecine de l'Université de Bonn une lettre où toute sa douleur et toute sa fierté de Français éclataient pour lui demander de reprendre le diplôme de docteur allemand que la Faculté de médecine de l'Université de Bonn lui avait conféré en 1868. Pendant qu'il

écrivait une lettre qui était un cri de patriotisme, son fils, engagé volontaire, à peine âgé de dix-huit ans, faisait vaillamment son devoir dans l'armée de l'Est.

Père rompt avec Bourg[illegible]
fils à l'armée de l'Est —

ÉTUDES SUR LA BIÈRE

La guerre était terminée. Peu à peu on se reprenait à la vie, aux désirs de travail qui étaient aussi des besoins d'espérance. M. Pasteur éprouvait enfin, après deux années d'infirmité, la détente de la convalescence. C'était comme un lent et doux recommencement de toutes choses. Il voulait revenir au plus vite à Paris, rentrer dans son laboratoire, mettre à exécution les projets d'expériences qui s'agitaient depuis longtemps dans son esprit. Au moment où il allait partir, la Commune éclata. M. Duclaux, devenu professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, offrit à son maître le laboratoire de Clermont. M. Pasteur accepta. Pressé de commencer une étude qui le rejetterait dans

les fermentations, il aborda les maladies de la bière. Mais ce n'était pas seulement pour créer un nouveau lien entre de telles recherches et ses recherches précédentes qu'il s'occupait d'un pareil sujet ; il obéissait aussi à une pensée quelque peu patriotique. Dans une industrie où l'Allemagne nous est supérieure, il rêvait un succès de laboratoire. Il espérait que l'on arriverait à faire à la bière française, grâce à des principes scientifiques dont le commerce profiterait largement, une réputation égale, sinon supérieure, à celle de la bière allemande.

La bière est beaucoup plus sujette que le vin à contracter des maladies. On peut même dire que s'il existe des vins vieux, il n'y a pas de vieilles bières. On la consomme en quelque sorte au fur et à mesure de sa fabrication. Moins acide et moins alcoolique que le vin, la bière est plus chargée de principes gommeux ou sucrés qui l'exposent à des altérations rapides. Aussi le commerce de cette boisson se trouve-t-il constamment aux prises avec les difficultés de sa conservation.

La fabrication est simple. La bière est tirée de la farine d'orge germée ou malt dont on fait

une infusion à une chaleur graduée et qu'on porte à l'ébullition; on l'aromatise ensuite avec du houblon. Lorsque l'infusion de malt et de houblon qu'on appelle moût de bière est achevée, on la soumet au refroidissement, pour la distribuer dans des cuves ou dans des tonneaux. C'est alors qu'elle subit la fermentation alcoolique.

Le refroidissement doit être rapidement exécuté. Tant que le moût est à une température élevée, il n'a rien à redouter, il reste sain; mais, au-dessous de 70 degrés, et surtout de 25 à 35 degrés, il est facilement envahi par des ferments pernicieux, tels que les ferments acétique, lactique ou butyrique. Après que le moût a été refroidi, il est mis en levain, c'est-à-dire que l'on met une addition de ferment ou levain provenant d'une fermentation précédente de moût de bière. La mise en levain résulte de la nécessité de faire envahir toute la masse du moût après son refroidissement et le plus tôt possible, par une fermentation unique, la fermentation alcoolique, la seule qui fasse la bière proprement dite. Si on agissait vis-à-vis de ce moût, comme pour le moût de raisin, si on l'abandonnait à une fermentation sans levain,

à la fermentation dite spontanée, celle-ci ne serait presque jamais une fermentation alcoolique franche, contrairement à ce qui arrive pour le moût de raisin, protégé par l'acidité qu'il contient. Le plus souvent, on ne recueillerait, au lieu de bière, qu'une boisson acide ou putride. Des fermentations diverses se produiraient et se multiplieraient. Lorsque le moût a fermenté et que la bière est faite, c'est encore la crainte de sa facile altération qui exige qu'elle soit promptement consommée. Condition parfois désastreuse pour le commerce de cette boisson. Aussi les perfectionnements dans la fabrication de la bière, depuis une quarantaine d'années, ont-ils eu pour principal objet d'éloigner cette exigence d'une fabrication pour ainsi dire journalière, et dont les besoins de consommation sont sujets à de nombreuses variations.

On ne connaissait autrefois qu'un seul genre de bière, la bière à fermentation haute. Le moût de bière, après avoir subi un refroidissement sur les bacs, est réuni dans une grande cuve découverte à la température de 20 degrés et additionné de levain. Lorsque la fermentation commence de s'accuser à la surface du liquide par la formation d'une légère mousse blanche, on distribue ce

moût dans des séries de petits tonneaux qui sont placés eux-mêmes dans des caves ou celliers portés également à la température de 18 à 20 degrés. L'activité de la fermentation fait bientôt sortir une écume qui devient de plus en plus épaisse et visqueuse. L'abondance de la levûre qu'elle contient en est la cause. Cette levûre, rassemblée ensuite dans un caniveau commun placé sous les tonneaux, est recueillie, comme levain, pour des opérations ultérieures. La durée de la fermentation est de trois à quatre jours. Alors la bière est faite, et elle est devenue limpide. Les bondes peuvent être placées sur les tonneaux et les tonneaux sont envoyés directement chez le débitant ou chez le consommateur. Pendant le transport, une certaine quantité de levûre, tombée au fond des tonneaux, trouble la bière, mais quelques jours de repos suffisent pour la rendre de nouveau limpide et bonne à boire ou à être mise en bouteilles.

Ce système de fermentation haute, — que l'on nomme ainsi parce qu'elle débute vers 18 et 20 degrés et qu'elle s'élève de 1 à 2 degrés par l'acte même de la fermentation, — est encore très employé dans le nord de la France et surtout dans les brasseries de l'Angleterre. L'ale, le

pale-ale, le bitter-beer, sont toutes des bières à fermentation haute.

La fermentation basse, à peu près exclusivement employée en Allemagne et qui se répand de plus en plus en France, consiste dans une fermentation lente, à basse température, pendant laquelle la levûre se dépose au fond des cuves ou des tonneaux. Le moût de bière, après son refroidissement, est distribué dans des cuves en bois découvertes, et la mise en levain a lieu à une température de 6 degrés centigrades environ. Cette température est maintenue pendant toute la durée de la fermentation, à l'aide de *nageurs* en forme de cônes ou de cylindres renversés dans les cuves de fermentation et où l'on entretient de la glace. La durée de la fermentation est de dix, quinze et même vingt jours. La levûre se recueille, une fois que la bière est soutirée, au fond des cuves de fermentation. Cette nature de bière que l'on appelle quelquefois bière allemande ou bière de Strasbourg, est en général beaucoup plus estimée que l'autre, mais elle exige certaines conditions dispendieuses ou tout au moins peu commodes. Il faut des caves-glacières où la température est maintenue, pendant toute l'année, à quelques

degrés seulement au-dessus de zéro. De là l'obligation d'avoir des amoncellements énormes de glace. On a calculé que pour un seul hectolitre de bonne bière, depuis le commencement du refroidissement du moût jusqu'à l'époque de sa mise en vente, 100 kilogrammes de glace étaient nécessaires. La bière basse est une bière dite *de garde*. On la fabrique surtout pendant l'hiver et on la conserve dans des caves-glacières jusqu'en été.

Ce n'est pas seulement le goût des consommateurs qui a provoqué de toutes parts, sauf en Angleterre, la fabrication de la bière à fermentation basse, c'est aussi l'avantage de rendre la bière faite à froid beaucoup moins altérable que l'autre. Par l'emploi de la glace, le brasseur peut fabriquer en hiver ou au commencement du printemps, se mettre ainsi en mesure de suffire aux besoins de consommation, sans craindre de voir la bière de ses foudres envahie par des maladies.

Toutes ces maladies, ainsi que l'a démontré M. Pasteur, ont pour cause exclusive le développement de petits champignons microscopiques, de ferments organisés, dont les germes

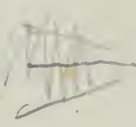
champignons microscopiques, ferments organisés

sont apportés par les poussières que l'air charrie sans cesse ou qui souillent les matières premières utilisées pour la fabrication. « Par l'expression de maladies du moût et de la bière, j'entends, écrivait M. Pasteur, ces altérations profondes qui dénaturent ces liquides jusqu'à les rendre très désagréables au goût, surtout quand elles ont quelque durée, et qui font dire, par exemple, de la bière qu'elle est aigre, sure, tournée, filante, putride. » Le moût de bière, après avoir été porté à l'ébullition, est, — les expériences de M. Pasteur en témoignent, — d'une conservation indéfinie, même s'il est mis aux températures les plus hautes de l'atmosphère, au contact de l'air pur, d'un air exempt de germes d'êtres microscopiques inférieurs. Ce moût de bière mis en levain, par un levain pur, ne contenant que le ferment alcoolique ordinaire sans association d'autres ferments, n'éprouve d'autres changements que ceux qu'il peut recevoir de l'action de l'oxygène, sans donner jamais lieu à un liquide acide, amer ou putride. Puisque les causes de l'altération de la bière sont les mêmes que pour le vin, que les germes de ferments partout répandus sont partout menaçants, l'action de la chaleur ne devait-elle pas, au premier abord,

paraître le meilleur moyen de préservation? Mais la bière est une boisson nécessairement chargée d'acide carbonique et l'application du chauffage à des masses considérables du liquide enlèverait ce gaz. Ce serait une complication assez grande d'essayer de le conserver ou de l'introduire de nouveau après son expulsion. Ces difficultés n'existent pas quand la bière est en bouteilles. A une température de 50 à 55 degrés, le chauffage non seulement n'enlève pas à la bière tout son acide carbonique, mais il n'empêche pas complètement la fermentation secondaire d'avoir lieu dans une certaine mesure, ce qui permet de chauffer la bière immédiatement après sa mise en bouteilles. Aussi le chauffage de la bière est-il appliqué en Europe et en Amérique sur une grande échelle. Par hommage pour les travaux de M. Pasteur, cette opération porte le nom de *Pasteurisation,* et la bière celui de bière *pasteurisée.*

Mais M. Pasteur ne voulait pas seulement se contenter de détruire les ferments de ces maladies, il voulait encore et surtout s'opposer à leur pénétration. Au moment où le moût de bière est porté à l'ébullition, où les germes de maladies sont détruits par la chaleur, — et si le

refroidissement du moût s'effectue au contact de l'air exempt de germes extérieurs et que le levain lui-même n'en puisse apporter, — la bière pourra se faire dans des conditions de pureté exceptionnelle. En prenant pour base les principes de M. Pasteur, certains brasseurs ont construit des appareils qui leur permettent de refroidir le moût des bières à l'abri des organismes de l'air et de mettre ce moût en fermen-



tation avec un levain aussi pur que possible. A l'Exposition d'Amsterdam, on pouvait voir des bouteilles à moitié pleines, contenant une bière absolument limpide, restée en vidange depuis l'ouverture de l'Exposition. C'était de la bière française, fabriquée d'après les principes de M. Pasteur, par un grand brasseur de Marseille, M. Velten. L'influence heureuse de ces études est universellement reconnue. A Copenhague, M. Jacobsen a fait ériger dans la salle d'honneur de son célèbre laboratoire le buste de M. Pasteur, par Paul Dubois.

En terminant ses *Études sur la bière,* M. Pasteur rappela les principes qui depuis vingt ans dirigeaient ses travaux, principes dont la fécondité et les applications lui apparaissaient sans

limites. L'étiologie des maladies contagieuses, écrivait-il, avec une conviction toute scientifique, est peut-être à la veille d'en recevoir une lumière inattendue.

Le Vaccin du charbon

pour 30f — . 329.

330.

Etude de l'Etiologie.

LES MALADIES VIRULENTES

LE CHARBON. — LA SEPTICÉMIE

« Celui qui pourra sonder jusqu'au fond la nature des ferments et des fermentations, disait un jour le physicien Robert Boyle, sera sans doute beaucoup plus capable qu'un autre de donner une juste explication des divers phénomènes morbides, aussi bien des fièvres que des autres affections. Ces phénomènes ne seront peut-être jamais bien compris sans une connaissance approfondie de la théorie des fermentations. »

Aussi, à toutes les époques, les théories médicales et plus particulièrement celles qui concernent l'étiologie des maladies virulentes subirent-

maladies dependantes du fermentations

Etiologie — Etiolement,

elles le contre-coup des explications imaginées pour rendre compte du phénomène de la fermentation. Lorsque M. Pasteur entreprit, en 1856, ses premières études, les idées de Liebig étaient en pleine faveur. Sa théorie triomphait partout, et, ainsi que pour les ferments, les virus et les processus des maladies étaient considérés comme des résultantes de mouvements propres aux substances en voie d'altération et pouvant se communiquer aux diverses matières de l'être vivant.

Les recherches de M. Pasteur sur le rôle des organismes microscopiques dans les fermentations changèrent le cours de ces idées. On en revint à la théorie médicale ancienne du parasitisme et des contages vivants. Un professeur allemand, le docteur Traube, exposa, en 1864, dans une de ses leçons cliniques, une nouvelle doctrine de la fermentation ammoniacale de l'urine.

« Pendant longtemps, dit-il, on a regardé le mucus vésical comme l'agent de la décomposition alcaline de l'urine. On croyait que par suite de la distension résultant de la rétention du liquide, la vessie irritée produisait une quantité plus grande de mucus, et ce mucus était pris

pour le ferment qui amenait la décomposition de l'urée, en vertu d'une force chimique propre. Cette opinion (qui était celle de Liebig) ne peut tenir devant les recherches de M. Pasteur. Cet observateur a démontré, de la façon la plus péremptoire, que la fermentation alcaline comme l'alcoolique, comme l'acétique, est produite par des êtres vivants dont la préexistence dans la liqueur est la condition *sine quâ non* du processus. » Et le docteur Traube, citant des faits qui confirmaient la doctrine de M. Pasteur, concluait ainsi : « Malgré la longue durée de la rétention d'urine, la fermentation alcaline de l'urine n'a point été produite par une sécrétion exagérée du mucus vésical ou du pus ; elle ne s'est développée qu'à partir du moment où des germes de vibrions sont parvenus du dehors dans la vessie. »

Ainsi apparaissaient nettement en présence les doctrines opposées de Liebig et de Pasteur ; ainsi s'établissait leur influence réciproque et comparée dans l'étiologie d'une des plus graves maladies de la vessie. Déjà, en 1862, dans son mémoire sur les générations spontanées, M. Pasteur annonçait, contrairement à toutes les idées reçues jusqu'alors, que, toutes les fois que les urines devenaient ammoniacales, un petit cham-

pignon microscopique présidait à ce genre d'altération. Plus tard, il reconnut qu'il n'y avait jamais d'urines ammoniacales dans les affections de la vessie sans que ce champignon fût présent, et, pour montrer combien dans ces sortes d'études l'application thérapeutique est souvent voisine du fait scientifique, M. Pasteur, après avoir prouvé, avec son collaborateur M. Joubert, que l'acide borique s'oppose au développement de ce ferment ammoniacal, conseilla au docteur Guyon, professeur de clinique des maladies urinaires à la Faculté de Paris, de lutter contre la dangereuse fermentation ammoniacale par des injections d'acide borique dans la vessie. Ce conseil, que s'empressa de suivre le célèbre chirurgien, eut les plus heureux résultats. Tout en reportant à M. Pasteur l'honneur de cette innovation, M. Guyon disait dans une de ses leçons :

« L'acide borique a cet immense avantage de pouvoir être employé à hautes doses, — 3 et 4 p. 100, — sans provoquer la moindre douleur. Aussi l'acide borique est-il devenu, dans notre service, l'agent continuellement et heureusement employé pour les injections de lavage. C'est aussi à la solution d'acide borique que j'ai recours pour

pratiquer, après la lithotritie, les évacuations par grands lavages; je ne fais pas une seule opération de broiement sans avoir recours à cet agent antiseptique, et je ne lave jamais la vessie des lithotritiés avec une autre substance. J'ai eu aussi à me féliciter de laver très largement la vessie des taillés et leur plaie avec l'acide borique. Je termine toujours l'opération par des irrigations prolongées faites avec la solution à 3 ou 4 pour 100. »

Ce n'était pas seulement en France et en Allemagne que les idées pastoriennes pénétraient; les progrès de la chirurgie en Angleterre empruntèrent aux travaux de M. Pasteur les applications thérapeutiques les plus importantes. Dès 1865, le docteur Lister commença, à Edimbourg, la brillante série de ses succès en chirurgie par l'application de sa méthode antiseptique universellement adoptée aujourd'hui. Voici ce qu'il écrivait à M. Pasteur, au mois de février 1874, dans une lettre qui fait honneur à la sincérité et à la modestie du grand chirurgien anglais :

« J'aime à croire que vous pourrez lire avec quelque intérêt ce que j'ai écrit sur un organisme que vous avez le premier étudié dans votre mé-

moire sur la fermentation lactique. J'ignore si les annales de la chirurgie britannique ont jamais passé sous vos yeux. Dans le cas où vous les auriez lues, vous avez dû y trouver de temps à autre des nouvelles du système antiseptique que, depuis ces neuf dernières années, je tâche d'amener à la perfection. Permettez-moi de saisir cette occasion de vous adresser mes remerciements les plus cordiaux pour m'avoir, par vos brillantes recherches, démontré la vérité de la théorie des germes de putréfaction et m'avoir ainsi donné le seul principe qui pût mener à bonne fin le système antiseptique. »

M. Pasteur suivait avec un vif intérêt ce mouvement d'idées et les applications heureuses que ses travaux avaient provoquées. Elles ne faisaient que confirmer les espérances qu'il avait conçues lui-même. Dès 1860, en effet, il exprimait le vœu « de pouvoir conduire ses recherches assez loin pour préparer la voie à une étude approfondie de l'origine des maladies ». Et, à mesure qu'il avançait dans la découverte des ferments vivants, il espérait arriver à la connaissance des causes des maladies contagieuses.

Toutefois il hésita longtemps avant de s'engager résolument dans une telle voie. « Je ne

il espère trouver dans les ferments vivants la cause des maladies contagieuses

suis ni médecin ni vétérinaire, » répétait-il avec un sentiment de défiance modeste. Mais il arriva un moment où, malgré tous ses scrupules, il ne put se borner au rôle de simple spectateur des travaux inspirés par ses études sur les fermentations, sur la génération spontanée et sur les maladies des vins et de la bière. Les espérances que l'on fondait sur ses méthodes, les éloges dont elles étaient l'objet, tout l'obligeait à aller en avant. Tyndall lui écrivait au mois de février 1876 :

« En reprenant vos recherches relatives aux organismes des infusions, j'ai eu l'occasion de rafraîchir ma mémoire sur vos travaux ; ils ont ravivé en moi toute l'admiration que j'en avais éprouvée à ma première lecture. Je suis dans l'intention de poursuivre ces recherches jusqu'à ce que j'aie dissipé tous les doutes qui ont pu s'élever au sujet de l'inattaquable exactitude de vos conclusions.

« Pour la première fois dans l'histoire de la science, nous avons le droit de nourrir l'espérance sûre et certaine que, relativement aux maladies épidémiques, la médecine sera bientôt délivrée de l'empirisme et placée sur des bases scientifiques réelles. Quand ce grand jour vien-

dra, l'humanité, dans mon opinion, saura reconnaître que c'est à vous que sera due la plus large part de sa gratitude. »

M. Pasteur aborda l'étude des virus en cherchant à pénétrer dans toutes ses causes la terrible maladie que l'on appelle la maladie charbonneuse. Chaque année, cette maladie décime des troupeaux non seulement en France, mais en Espagne, en Italie, en Russie, où on l'appelle la peste de Sibérie, en Égypte, où elle remonte, dit-on, aux dix plaies de Moïse. La Hongrie et le Brésil lui paient régulièrement un formidable tribut, et, pour en revenir à la France, c'est par quinze et vingt millions de francs que, dans certaines années, se sont chiffrées les pertes subies. Pendant des siècles, on ne put définir la cause du fléau. D'ailleurs, comme la maladie ne présentait pas toujours les mêmes symptômes, comme elle variait dans les diverses espèces animales qu'elle frappait, on établissait des différences, selon telle et telle espèce atteinte. Le charbon du cheval était distinct du charbon de la vache, celui du cheval et celui de la vache séparés de celui du mouton. Chez ce dernier, le charbon s'appelait *sang-de-rate;* chez la vache, c'était la *maladie du sang;* chez

le cheval, la *fièvre charbonneuse;* chez l'homme, la *pustule maligne,* l'*œdème malin*...

Ce ne fut qu'en 1850 que l'on trouva les premières données sérieuses sur la nature du mal, sur son identité ou ses différences avec d'autres maladies. De 1849 à 1852, une commission de l'*Association médicale d'Eure-et-Loir* fit un grand nombre d'inoculations et d'essais divers qui établirent que le charbon du mouton est transmissible du mouton au mouton, au cheval, à la vache, au lapin; que le charbon du cheval se communique au cheval et au mouton; que le charbon de la vache se communique au mouton, au cheval, au lapin. Quant à la pustule maligne de l'homme, il n'était pas douteux qu'elle dût avoir la même cause que le charbon des animaux. Qui sont, en effet, ceux que la pustule maligne atteint le plus souvent? Les bergers, les bouviers, les cultivateurs, les domestiques de ferme, les marchands de peaux, les tanneurs, les laveurs de laine, les équarrisseurs, les bouchers, tous ceux qui vivent du produit des troupeaux. Dans le maniement d'objets contaminés, il suffit de la moindre plaie, de la plus petite excoriation de la peau pour que le virus pénètre. Lorsque d'autres personnes sont

atteintes, c'est qu'elles habitent dans le voisinage de troupeaux frappés du charbon. Ce sont alors certaines mouches qui transportent le virus. Qu'une de ces mouches ait sucé le sang d'un cadavre charbonneux, qu'elle aille ensuite piquer quelqu'un, et voilà le charbon inoculé.

Au moment même où avaient lieu ces premières expériences de l'Association médicale d'Eure-et-Loir, le docteur Rayer, rendant compte, en 1850, dans le *Bulletin de la Société de biologie de Paris,* des recherches qu'il avait faites, en collaboration avec le docteur Davaine, sur la contagion du mal charbonneux, disait :

« On trouve dans le sang de petits corps filiformes ayant environ le double en longueur du globule sanguin. Ces petits corps n'offrent point de mouvement spontané. »

Telle est la date de la première observation sur la présence de petits corps parasitaires dans la maladie charbonneuse. Chose étrange! on ne donna aucune attention à ces petits filaments du sang des cadavres morts du charbon. Rayer et Davaine eux-mêmes ne s'en occupèrent pas davantage. Cette indifférence dura treize ans. Elle se serait prolongée plus de temps encore, si la doctrine du parasitisme dans les maladies trans-

missibles ne se fût présentée à l'esprit à chaque nouvelle publication de M. Pasteur. De 1857 à 1860, M. Pasteur avait démontré, on se le rappelle, que la fermentation lactique était, comme la fermentation alcoolique, provoquée par un ferment vivant; en 1861, il avait découvert que l'agent de la fermentation butyrique était formé de petits fils mouvants ayant des dimensions de même ordre que les filaments découverts par Davaine et Rayer dans le sang charbonneux; en 1862, il avait annoncé qu'il n'y avait pas d'urines ammoniacales sans la présence d'un être microscopique; en 1863, il avait établi que le corps des animaux en pleine santé est fermé à l'introduction des germes des organismes microscopiques, que le sang, pris avec des précautions convenables dans les veines ou les artères, l'urine dans la vessie, pouvaient être exposés au contact de l'air pur, sans qu'il en résultât jamais ni putréfaction, ni apparition d'êtres vivants filiformes quelconques, mobiles ou immobiles. Ce furent tous ces faits qui ramenèrent, en 1863, l'attention de Davaine, comme lui-même l'a reconnu, sur l'observation qu'il avait constatée en 1850.

« M. Pasteur, disait M. Davaine dans une

communication à l'Académie des sciences, a publié autrefois un remarquable travail sur le ferment butyrique, ferment qui consiste en petites baguettes cylindriques, possédant tous les caractères des vibrions ou des bactéries. Les corpuscules filiformes que j'ai vus en 1850 dans le sang des moutons atteints du sang-de-rate ayant une grande analogie avec ces vibrions, je fus amené à examiner si des corpuscules analogues ou du même genre que ceux qui déterminent la fermentation butyrique, introduits dans le sang d'un animal, n'y joueraient pas également le rôle d'un ferment. Ainsi s'expliqueraient facilement l'altération, l'infection rapide de la masse du sang chez un animal qui aurait reçu accidentellement ou expérimentalement dans ses veines un certain nombre de ces bactéries, c'est-à-dire de ce ferment. »

Mais deux étés s'écoulèrent avant que Davaine ait pu se procurer un mouton affecté du sang-de-rate. Ce fut seulement en 1863 qu'il reconnut d'abord la présence constante d'un parasite dans le sang des moutons et des lapins morts par inoculations successives du sang prélevé après la mort ou dans les dernières heures de la vie; qu'il constata ensuite que l'animal ino-

culé, dont le sang n'offrait pas encore de parasite visible au microscope, avait toutes les apparences de la santé et que dans de telles conditions le sang ne communiquait pas le charbon.

« Dans l'état actuel de la science, concluait Davaine, personne n'aura l'idée de chercher, en dehors de ces corpuscules, l'agent de la contagion. Cet agent est visible, palpable; c'est un être organisé, doué de vie, qui se développe et se propage à la manière des êtres vivants. Par sa présence et par sa multiplication rapide dans le sang, il apporte dans la constitution de ce liquide, sans doute à la manière des ferments, des modifications qui font promptement périr l'animal infecté. Il y a longtemps, disait-il encore, que des médecins ou des naturalistes ont admis théoriquement que les maladies contagieuses, les fièvres épidémiques graves, la peste, etc., sont déterminées par des animalcules invisibles ou par des ferments, mais je ne sache pas qu'aucune observation positive soit jamais venue confirmer ces vues. »

Peu de mois après la publication des résultats obtenus par Davaine, deux professeurs du Val-de-Grâce, MM. Jaillard et Leplat, réfutèrent les conclusions précédentes. Après avoir inoculé à

des lapins et à des chiens des liquides divers en voie d'altération spontanée et remplis de vibrions, ils ne purent provoquer la mort de ces animaux. Il leur fallut, pour obtenir ce résultat, introduire dans le sang des chiens et des lapins plusieurs centimètres cubes de liquide très putride. Encore dans ce cas, qui ne faisait qu'ajouter un nouvel exemple aux expériences anciennes de Gaspard et de Magendie sur l'action des liquides putrides, ne créèrent-ils pas la virulence du sang.

Davaine n'eut pas de peine à faire observer que MM. Jaillard et Leplat s'étaient placés dans de tout autres conditions d'expériences, que ce n'étaient pas des vibrions ou des bactéries d'infusions quelconques dont lui, Davaine, s'était servi, mais des bactéries que l'on trouve dans le sang des moutons morts du sang-de-rate.

MM. Jaillard et Leplat revinrent à la charge et cette fois avec des expériences entièrement nouvelles et inattendues. Ils inoculèrent à des lapins, ainsi que le désirait Davaine, le sang d'une vache morte, près de Chartres, de la maladie du sang, autrement dit du charbon. Les lapins moururent rapidement, mais sans offrir, avant ou après leur mort, la moindre trace de

bactéries. De nouveaux lapins, inoculés avec le sang des premiers, périrent également, mais il fut encore impossible de découvrir le moindre parasite dans leur sang. MM. Jaillard et Leplat offrirent à Davaine quelques gouttes de ce sang. Davaine, reprenant les expériences de ses contradicteurs, et tout en confirmant l'exactitude des faits qu'ils avaient annoncés, conclut en disant que ces deux professeurs n'avaient pas employé du sang charbonneux véritable, mais le sang d'une maladie nouvelle, inconnue jusque-là, que Davaine proposa d'appeler la maladie de la vache.

« Le sang dont nous nous sommes servis, répliquèrent MM. Jaillard et Leplat, nous a été fourni par le directeur de l'établissement d'équarrissage de Sours, près de Chartres, et ce directeur est d'une compétence indéniable dans la connaissance du charbon. »

Pleins de sincérité et de conviction, MM. Jaillard et Leplat recommencèrent encore leurs expériences en se servant, cette fois, du sang d'un mouton mort charbonneux que le vétérinaire le plus exercé de la ville de Chartres, M. Boutet, leur avait procuré. Leurs résultats furent semblables à ceux qu'ils avaient obtenus

avec le sang de la vache. Malgré les répliques de Davaine, qui d'ailleurs n'ajoutaient rien aux faits déjà rassemblés de part et d'autre, il devint difficile de se prononcer dans un pareil débat, et les esprits non prévenus gardèrent de cette importante discussion l'impression que MM. Jaillard et Leplat, en produisant des faits vérifiés exacts par le docteur Davaine lui-même, avaient porté un coup aux affirmations de ce dernier et que le sujet exigeait, dans tous les cas, de nouvelles études expérimentales.

En 1876, un médecin allemand, le docteur Koch, revint sur la question. Il confirma l'opinion de Davaine, mais sans entraîner le moins du monde la conviction dans les esprits, car il n'apporta aucun éclaircissement sur les faits produits par MM. Jaillard et Leplat, dont il ne daignait même pas parler. Au moment même où paraissait en Allemagne le travail de Koch, l'éminent physiologiste Paul Bert vint corroborer, au contraire, l'opinion de MM. Jaillard et Leplat.

« Je puis faire, disait M. Paul Bert, périr la bactéridie dans sa goutte de sang par l'oxygène comprimé, inoculer ce qui reste et reproduire la maladie et la mort sans que la bactéridie se

montre. Donc, les bactéridies ne sont ni la cause ni l'effet nécessaire de la maladie charbonneuse. Celle-ci est due à un virus. »

C'était bien l'opinion de MM. Jaillard et Leplat. M. Pasteur, obéissant au besoin de connaître la vérité sur le fond des choses et aussi au vif désir de découvrir quelques preuves décisives sur l'étiologie de la terrible maladie, résolut à son tour d'aborder le sujet.

Le docteur Koch avait annoncé dans son travail que les petits corps filiformes, vus pour la première fois par Davaine en 1850, avaient deux modes de reproduction, le mode de scission qu'avait observé Davaine, et un autre mode par corpuscules brillants ou spores. L'existence de ce dernier mode de reproduction, M. Pasteur l'avait déjà découvert en 1865, affirmé de nouveau et figuré en 1870, comme propre aux filaments du ferment butyrique et à tous les ferments de la putréfaction. Le docteur Koch ignorait-il ce fait important? Préféra-t-il, en gardant le silence, se réserver le bénéfice d'une apparente priorité?



Pour résoudre la première obscurité qui s'était présentée à son esprit, c'est-à-dire la question de savoir si la maladie charbonneuse



devait être attribuée à une substance solide ou liquide, associée ou non aux filaments découverts par Davaine, ou si elle dépendait exclusivement de la présence et de la vie de ces filaments, M. Pasteur eut recours aux méthodes qui, depuis vingt ans, lui servaient de guide dans l'étude des microbes-ferments. Ces méthodes, si elles sont délicates, sont aussi bien simples. Voulait-il, par exemple, démontrer que le microbe-ferment de la fermentation butyrique est l'agent même de la décomposition? il préparait un liquide artificiel formé de phosphates de potasse, de magnésie et de sulfate d'ammoniaque, ajoutés à la solution de la matière fermentescible et, dans ce milieu, il faisait développer le microbe-ferment ensemencé à l'état de pureté. Ce microbe se multipliait et provoquait la fermentation. De ce liquide, on pouvait passer à un second, à un troisième liquide fermentescible composé de même et ainsi de suite. La fermentation butyrique apparaissait successivement. Dès l'année 1857, cette méthode, dans nombre d'études, avait été souveraine. M. Pasteur se proposa donc, dans cette recherche particulière sur l'affection charbonneuse, d'isoler le microbe du sang charbon-

neux, de le cultiver à l'état de pureté dans des liquides artificiels et de revenir alors à l'étude de son action sur les animaux. Mais, comme, depuis l'attaque d'hémiplégie qu'il avait eue en 1868, M. Pasteur n'avait pas recouvré l'usage de sa main gauche, il lui fallut, dans l'impossibilité où il était d'entreprendre seul de longues séries d'expériences, songer à trouver un collaborateur courageusement dévoué. Il le trouva dans un ancien élève de l'École normale, M. Joubert, aujourd'hui professeur de physique au collège Rollin. Si M. Joubert fut au danger de ces expériences sur les maladies charbonneuses, M. Pasteur l'associa toujours, dans les comptes-rendus de l'Académie des sciences, à l'honneur des recherches et au triomphe des découvertes.

Le 30 avril 1877, M. Pasteur lut à l'Académie des sciences, en son nom et au nom de son collaborateur, une note où il fut démontré, cette fois sans réplique possible, que le bacille qu'on appelait bactérie, bactéridie, filament, bâtonnet, en un mot, le bacille découvert par Davaine et Rayer en 1850, était réellement l'agent unique de la maladie.

Une gouttelette de sang charbonneux, ense-

mencée dans de l'urine ou dans de l'eau de levûre de bière, stérilisées préalablement, c'est-à-dire rendues imputrescibles au contact de l'air exempt de tous germes en suspension, donne naissance en quelques heures à des myriades de bacilles ou bactéridies. Une gouttelette de cette première culture, ensemencée dans un second ballon contenant un liquide pareil au premier et préparé avec les mêmes précautions de stérilité et de pureté, se montre non moins féconde. Enfin, après dix, vingt cultures semblables, le parasite est évidemment débarrassé des substances que pouvait contenir la gouttelette de sang initiale. Or, si on injecte une quantité très petite de la dernière culture sous la peau d'un lapin ou d'un mouton, elle les tue en deux ou trois jours au plus avec tous les symptômes cliniques du charbon naturel.

Pouvait-on objecter que le parasite était associé dans le liquide de culture à une substance dissoute qu'il avait fait naître pendant sa vie et qui agissait comme un poison? M. Pasteur transporta des tubes de culture dans les caves de l'Observatoire où règne une température absolument constante, circonstance qui permit le dépôt rigoureux, au fond des tubes, de tous les

filaments du parasite. Or, en inoculant ensuite comparativement le liquide limpide supérieur et le dépôt du fond, il vit que ce dernier seul provoquait la maladie et la mort. C'est donc la bactéridie qui cause le charbon. La preuve était donnée et on ne discuta plus.

I

Oui, le charbon est bien la maladie produite par la bactéridie, comme la gale est la maladie produite par l'acare, comme la trichinose est la maladie produite par la trichine. La seule particularité est que le parasite de la maladie charbonneuse ne peut être aperçu que par l'emploi du microscope et d'assez forts grossissements. Voilà donc une maladie virulente au premier chef due à un infiniment petit. Ce terrible virus, M. Pasteur le tenait et l'isolait. C'était dans un parasite microscopique que résidait la virulence du charbon et dans ce parasite seul. Un grand fait scientifique était acquis : Un virus pouvait être constitué, non par une matière amorphe,

mais par un être microscopique. La virulence tenait à la vie.

Liebig et tous les chimistes et tous les médecins qui avaient accepté et soutenu sa doctrine rejetaient bien loin toute action vitale dans les fermentations comme dans les maladies contagieuses et infectieuses. Dominés par leurs hypothèses, ils se laissaient tromper par de fausses assimilations avec des phénomènes d'ordre purement chimique qui leur paraissaient se rapprocher de ceux de la fermentation et de la virulence.

« Par le contact du virus de la petite vérole, écrivait Liebig, le sang subit une altération à la suite de laquelle ses éléments reproduisent de nouveau ce virus. Cette métamorphose ne s'arrête qu'après la transformation complète de tous les globules décomposables. »

Cette vague théorie des virus devait s'effondrer sous les expériences multipliées de M. Pasteur. Mais, en attendant d'autres découvertes, si la preuve irréfutable était donnée que le parasite microscopique faisait toute la virulence, il restait à éclaircir les faits, matériellement exacts, annoncés par MM. Jaillard et Leplat, et à les mettre en harmonie avec les faits non moins cer-

tains, avancés par Davaine. Les lapins que MM. Jaillard et Leplat avaient inoculés avec une goutte de sang prélevée sur une vache ou sur un mouton charbonneux étaient morts rapidement, et le sang de ces lapins s'était de nouveau montré virulent. Il avait suffi de l'inoculer en quantité infiniment petite à d'autres lapins pour provoquer leur mort. Or, l'examen de ce sang, affirmaient MM. Jaillard et Leplat, n'avait révélé l'existence d'aucun être microscopique. M. Paul Bert, de son côté, avait réussi à tuer la bactéridie par une compression d'oxygène et la virulence avait persisté.

Existait-il donc deux sortes de virus? Comment sortir de ces ténèbres? La clarté se fit tout à coup.

M. Pasteur avait déjà démontré, quelques années auparavant, que le corps des animaux est fermé à l'introduction des germes des organismes inférieurs. Dans le sang, dans l'urine, dans les muscles, dans le foie, dans la rate, dans les reins, dans le cerveau, dans la moelle et dans les nerfs, on ne trouve à l'état normal ni germe, ni particule connue ou inconnue pouvant se transformer en bactéries, vibrions, monades, microbes quelconques. Seul le canal intestinal

est rempli de matières associées à une foule de germes et de productions vivantes, en voie de développement et d'actions physiologiques diverses. Outre que sa température est favorable à la vie des organismes des infusions, il reçoit sans cesse des matières chargées des germes de ces organismes microscopiques. Dans les portions supérieures, l'air peut encore avoir accès, de telle sorte que, jusque dans l'estomac, on trouve des microbes aérobies, mais dans les profondeurs du canal l'oxygène est absent, et il n'y a que les anaérobies qui puissent s'y développer. Si la vie, qui s'exerce à la surface des muqueuses de l'intestin, s'oppose à toute pénétration de ces petits êtres dans l'intérieur des organes, il n'en va pas de même après la mort. Aucun obstacle ne peut désormais les arrêter et les empêcher d'agir suivant les lois de leurs évolutions respectives et de l'influence décomposante qui leur est propre. C'est par les anaérobies, en effet, que commence la putréfaction des cadavres. Ils pénètrent dans les organes et dans le sang, dès que ce liquide est privé d'oxygène, — ce qui ne tarde guère, — l'oxygène fixé sur les globules se trouvant bientôt absorbé par des combustions diverses. Dans le cadavre char-

bonneux, la putréfaction est plus rapide encore, parce que le sang est déjà en grande partie privé d'oxygène par les effets de la maladie au moment de la mort, que les intestins sont malades, couverts d'ecchymoses et quelquefois d'hémorragies. Rien n'est plus frappant que ce prompt ballonnement et cette putréfaction presque immédiate des bêtes qui ont succombé au charbon. De tous les vibrions prêts à passer du canal intestinal dans le sang du réseau des veines mésentériques qui enveloppent ce canal, il en est un qui paraît prendre les devants, c'est le vibrion septique. Les autres se répandent dans le sang avec plus ou moins de lenteur; ce sont les vibrions qui méritent le nom de vibrions de la putréfaction, à cause des gaz très putrides qui résultent de leur action sur les matières organiques azotées et sulfurées; mais le vibrion septique, lui, s'empare presque immédiatement du cadavre. Déjà, après douze ou quinze heures, le sang de l'animal charbonneux qui était, au moment de la mort et dans les premières heures suivantes, exclusivement charbonneux, ne contenant absolument que le parasite de cette affection, donne asile tout à la fois au bacille du charbon et au vibrion septique. Alors interviennent

les très curieux effets du caractère anaérobie de ce vibrion et de leur opposition avec ceux du bacille charbonneux, qui est exclusivement aérobie. Répandu dans un sang privé de gaz oxygène, le bacille charbonneux ne peut vivre dans ce sang et périt rapidement. Peu à peu, on ne trouve plus à sa place que des granulations amorphes, dépourvues de toute virulence. Le vibrion septique anaérobie, au contraire, se trouve après la mort dans les meilleures conditions de vie et de développement. Non seulement il pénètre dans le sang par les veines profondes du mésentère, mais aussi dans les liquides qui suintent dans l'abdomen et dans les muscles.

De cet antagonisme qui existe dans les propriétés physiologiques entre le bacille charbonneux et le vibrion septique, il résulte que si l'on prélève, pour l'inoculer à un animal capable de contracter le charbon, une gouttelette de sang d'une bête qui vient de mourir du charbon, on est certain, en opérant dans les premières heures qui suivent la mort, de communiquer à cet animal le charbon et le charbon exclusivement. Si l'on attend, au contraire, un plus grand nombre d'heures, nombre qui varie entre douze et vingt-

quatre suivant la saison, l'inoculation du sang communiquera tout à la fois le charbon et la septicémie, — la septicémie que l'on peut appeler aiguë, à cause des désordres inflammatoires rapides que le vibrion septique détermine dans l'animal inoculé. Les deux maladies peuvent se développer simultanément sur l'animal inoculé, mais la plupart du temps l'une précède l'autre. L'affection septique est la plus prompte dans son action. D'ordinaire elle cause la mort avant que le charbon ait pu se développer et produire des effets appréciables.

Ainsi peuvent maintenant s'expliquer tous les faits observés contradictoirement par MM. Jaillard et Leplat, d'une part, et, de l'autre, par Davaine. Qu'avaient fait MM. Jaillard et Leplat désireux de contrôler les travaux de Davaine ? Ils avaient demandé dans un pays que le charbon a rendu célèbre, le département d'Eure-et-Loir, un peu de sang charbonneux. Or, qu'arrive-t-il dans une ferme quand un animal tombe frappé du charbon ? On dépose le cadavre sur un fumier, sous un hangar, dans une écurie, jusqu'à ce que la voiture de l'équarrisseur, qui doit l'enlever, vienne à passer. L'équarrisseur prend son temps, et le cadavre reste là pendant vingt-quatre ou

quarante-huit heures. Le sang prélevé sur cet animal est plus ou moins envahi par la putréfaction et les vibrions se mêlent à la bactéridie charbonneuse dont le développement s'arrête au moment de la mort de l'animal. Bref, on conçoit aisément que quand un expérimentateur écrit à Chartres pour se procurer du sang charbonneux, il soit exposé à son insu, et à l'insu de son correspondant, à recevoir un sang tout à la fois charbonneux et septique. Et cette septicémie est parfois multiple, car on peut dire que, à chaque sorte de vibrion de putréfaction, correspond une septicémie propre.

Telles furent les circonstances qui durent accompagner, sans qu'ils s'en rendissent compte le moins du monde, les recherches de MM. Jaillard et Leplat sur l'affection charbonneuse. On en a d'ailleurs l'impression en lisant leurs notes successives à l'Académie des sciences. Le sang de la vache morte du charbon, envoyé par l'établissement d'équarrissage de Sours, et le sang du mouton charbonneux, adressé par M. Boutet, avaient dû être prélevés sur des cadavres d'animaux morts depuis assez d'heures pour que leur sang fût à la fois charbonneux et septique. La septicémie, si prompte dans son action, avait

tué les lapins de MM. Jaillard et Leplat. Comme l'examen du sang de ces lapins ne leur avait pas offert la moindre bactéridie, ils avaient conclu, avec une grande apparence de vérité, que l'inoculation du sang charbonneux pouvait donner la mort sans apparition de bactéridies, alors même que celles-ci étaient abondantes dans le sang d'inoculation. Dans le sang des inoculés, la présence des vibrions septiques leur échappa. Lorsque Davaine répliquait que MM. Jaillard et Leplat n'avaient pas eu affaire au charbon pur, il était dans le vrai, mais il ne pouvait en donner des motifs plausibles. Les uns et les autres se débattaient dans des expériences où la vérité et l'erreur étaient étroitement associées.

Le travail de M. Paul Bert, à la fin de l'année 1876, était entouré de circonstances non moins complexes. Pour bien les saisir, il faut se rappeler la découverte de M. Pasteur sur le mode de reproduction des vibrions anaérobies de putréfaction. Ces vibrions se reproduisent par corpuscules-germes, sorte d'oviparité. Ce mode de génération, le vibrion de la septicémie aigüe le possède. Des fils courts ou longs, articulés, se montrent parsemés de points brillants qui sont

précisément les germes dont nous parlons. L'expérience prouve que ces corpuscules-germes résistent très bien à la pression d'oxygène. En inoculant du sang à la fois septique et charbonneux, après l'avoir comprimé, les spores septiques restées vivantes donnent la mort, sans que l'on puisse apercevoir dans le sang ni bactéridies ni filaments au moment de la mort. C'était également de Chartres que M. Paul Bert avait fait venir du sang charbonneux. Le sang qu'il avait reçu était, sans nul doute, non seulement charbonneux, mais déjà septique. Les filaments de bactéridies ou les filaments des vibrions septiques avaient péri, sous l'oxygène comprimé; mais les corpuscules-germes étaient présents, et la pression considérable du gaz oxygène n'avait point agi sur eux. La virulence nouvelle qui avait pris naissance et qui avait emporté les animaux inoculés était due à ces corpuscules.

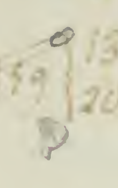
Quant à la preuve que cette virulence dans le sang du cadavre charbonneux est bien l'effet du vibrion septique, M. Pasteur, assisté de M. Joubert et d'un nouveau collaborateur, M. Chamberland, M. Pasteur l'avait donnée, ainsi qu'il l'avait fait pour la bactéridie du charbon, par la méthode des cultures successives

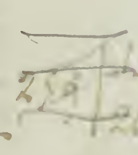
dans un milieu artificiel. Toutefois ces cultures du vibrion septique exigent des précautions et des conditions toutes particulières. Elles doivent être effectuées en présence du vide aussi parfait qu'on peut l'obtenir ou au contact du gaz acide carbonique, en dehors de toute présence de l'air. Ensemencées au contact de l'air, ces cultures du vibrion septique seraient toutes stériles, parce que ce vibrion est exclusivement anaérobie. L'air le tue. Si un corpuscule-germe de cet organisme pouvait germer au contact de l'air, le produit de la germination serait aussitôt arrêté dans sa marche et périrait par l'action de l'oxygène. C'est absolument l'inverse de ce qui se passe pour le bacille du charbon. Dans le vide ou en présence du gaz carbonique, les cultures des bacilles sont stériles. Si l'un de ces corpuscules-germes du bacille du charbon, car lui aussi en a, pouvait germer, le produit de la germination, privé d'oxygène libre, périrait aussitôt. Et, pour signaler en passant une expérience très ingénieuse de M. Pasteur, on a ainsi le moyen de séparer, par la culture, le bacille du charbon du vibrion septique, lorsqu'ils se trouvent associés temporairement. Que l'on cultive au contact de l'air ce mélange d'organismes pathogènes, le

bacille du charbon se développera seul. Que l'on cultive ce même mélange, à l'abri de l'air, dans le vide ou dans le gaz carbonique, le vibrion septique seul se développera. Cet artifice de culture est un des meilleurs dont on puisse se servir pour démontrer, par exemple, que le sang d'un cadavre charbonneux possède après la mort une seule virulence, la virulence charbonneuse, et que, vingt-quatre heures après la mort, au contraire, il a deux virulences, la virulence charbonneuse et la virulence septique.

Il y a quelques mois, à propos de ces faits de charbon et de septicémie, une très vive discussion s'éleva entre M. Pasteur et une commission formée de la plupart des professeurs de l'école vétérinaire de Turin. Une expérience, dont le succès intéressait extrêmement M. Pasteur, avait été faite à cette école. Au lieu d'employer du sang charbonneux pur, sans autre virulence que la virulence du charbon, les professeurs italiens, soit ignorance des faits qui précèdent, soit inadvertance, employèrent du sang d'un mouton charbonneux qui, de leur propre aveu, était mort depuis plus de vingt-quatre heures. M. Pasteur écrivit immédiatement que la commission avait

eu le tort de se servir d'un pareil sang qui devait être tout à la fois charbonneux et septique. Les Turinois se fâchèrent. Ils affirmèrent que cette assertion de M. Pasteur était inexacte, que le sang du mouton avait été étudié avec soin et qu'on n'y avait rencontré que des filaments du parasite du charbon; qu'il serait merveilleux d'ailleurs, ajoutaient-ils avec ironie, que M. Pasteur, du fond de son laboratoire de Paris, pût assurer que ce sang eût été mêlé de virulence septique, quand eux, bons observateurs, armés du microscope, avaient eu ce sang de mouton sous les yeux. M. Pasteur se contenta de répondre que son assertion reposait sur un principe et qu'il pouvait parfaitement, sans avoir vu le sang du mouton, assurer que, dans les conditions où il avait été recueilli, ce sang était septique. De part et d'autre, des notes publiques furent échangées, mais on ne parvint point à s'entendre. M Pasteur offrit alors de se rendre personnellement à Turin, pour démontrer, sur autant de cadavres de moutons charbonneux que l'on voudrait sacrifier, que le sang de tous ces cadavres, — au bout de vingt-quatre heures, au mois de mars, au bout de douze ou quinze heures, au mois de juin, — serait à la fois charbonneux





256

et septique. M. Pasteur se proposait de retirer à volonté, par des cultures appropriées, la virulence charbonneuse ou la virulence septique ou toutes les deux ensemble, au choix des Italiens. Mais les Italiens se dérobèrent à la proposition que leur faisait M. Pasteur d'aller leur rendre une visite pour les convaincre de leur erreur.

La netteté, la sûreté des assertions de M. Pasteur est célèbre, mais ce qui donne à tout ce qu'il avance une telle autorité, c'est que, comme le disait un jour M. Paul Bert, la hardiesse de M. Pasteur à affirmer n'a d'égale que sa timidité quand l'expérience n'est pas derrière lui. Jamais il ne s'engage que sur un terrain qu'il s'est rendu familier, mais il s'y engage alors avec une résolution et parfois avec une impétuosité telles que l'on peut dire à un de ses adversaires quel qu'il soit : Je vous plains de tomber dans ses mains redoutables.

« Faites attention, disait peu de temps après l'incident de Turin, un membre de l'Académie des sciences à un membre de l'Académie de médecine, qui s'était proposé « d'étrangler » scientifiquement M. Pasteur, faites attention, Pasteur ne s'est jamais trompé. »

Un jour, en 1879, un professeur d'une Faculté

de médecine de province annonça à l'Académie des sciences qu'il avait trouvé dans le sang d'une femme, atteinte depuis plus de deux semaines d'une fièvre puerpérale grave, et morte à l'hôpital, un nombre considérable de filaments immobiles, simples ou articulés, transparents, droits ou courbes qui appartenaient au genre Leptothrix. Engagé dans des études sur la fièvre puerpérale, et n'ayant jamais rencontré dans ses recherches un fait de cet ordre, M. Pasteur écrivit aussitôt à ce professeur pour lui demander un échantillon de ce sang infectieux. Le sang arriva au laboratoire, et, quelques jours après, M. Pasteur écrivait au médecin : « Votre leptothrix n'est autre chose que la bactéridie charbonneuse. »

Cette réponse rendit le médecin très perplexe. Il écrivit à M. Pasteur qu'il ne discutait pas une telle affirmation, qu'il se promettait de la contrôler et que, s'il se rendait compte lui-même de l'erreur qu'il avait commise, il la proclamerait.

M. Pasteur lui offrit alors un envoi de petits cochons d'Inde inoculés du charbon : « Vous les recevrez encore vivants, ils mourront sous vos yeux, vous en ferez l'autopsie, et vous reconnaîtrez vous-même votre leptothrix. » Le médecin accepta. M. Pasteur inocula trois petits cochons,

les fit placer dans une cage et les expédia par le chemin de fer à l'adresse du professeur. Ils arrivèrent le lendemain matin et succombèrent vingt-quatre heures après, sous les yeux mêmes du médecin. Le premier cochon avait été inoculé avec le sang infectieux de la femme morte, le second avec la bactéridie d'un sang charbonneux de Chartres, le troisième avec du sang charbonneux d'une vache du Jura. A l'autopsie, il fut impossible de constater la moindre différence dans le sang des trois animaux. Non seulement le sang, mais les organes internes et principalement la rate se trouvaient modifiés de la même manière.

Alors, avec une parfaite loyauté, le médecin s'empressa de constater, dans une communication à l'Académie des sciences, qu'il était doublement regrettable qu'il n'eût pas connu le charbon dès l'année précédente, car il aurait pu, d'une part, diagnostiquer la complication redoutable que présentait la femme morte le 4 avril 1878, et rechercher, d'autre part, le mode de contamination qui lui échappait maintenant. Toutefois il avait pu apprendre quelques détails sur cette malheureuse femme. Elle était femme de peine et demeurait dans une petite chambre qui

était contiguë à une écurie appartenant à un maquignon. Beaucoup de bêtes passaient dans cette écurie.

Mais revenons à nos vibrions septiques. Si l'air les détruit, si leur culture est impossible au contact de l'air, comment donc la septicémie peut-elle exister, puisque l'air est partout présent? Comment du sang exposé à l'air pourrait-il devenir septique par les poussières qui sont à la surface des objets ou que l'air tient en suspension? Où pourraient donc se former des germes septiques? L'objection paraît sérieuse, mais elle tombe devant une expérience très simple : Que l'on prenne de la sérosité abdominale d'un cochon d'Inde mort de septicémie aiguë. On la trouvera remplie de vibrions septiques, en voie de génération par scission. Que l'on expose ensuite ce liquide au contact de l'air, avec la précaution de donner au liquide une certaine épaisseur, d'un centimètre par exemple. En quelques heures, voici le très curieux spectacle auquel on assiste, si on le suit à l'aide du microscope. Dans les couches supérieures, l'oxygène de l'air est absorbé, ce que manifeste déjà le changement de teinte du liquide. Là, le vibrion filamenteux

meurt et disparaît sous forme de fines granulations amorphes dépourvues de virulence. Au fond de cette couche d'un centimètre d'épaisseur, au contraire, les vibrions, protégés contre l'arrivée de l'oxygène par leurs semblables qui périssent, continuent de se multiplier par scission; puis, peu à peu, ils passent à l'état de corpuscules-germes, de telle sorte qu'à la place de fils mouvants de toutes dimensions linéaires et dont la longueur dépasse même quelquefois le champ du microscope, on ne voit plus qu'une poussière de points brillants, isolés, sur lesquels l'oxygène de l'air est sans action. C'est ainsi que peut se former, même au contact de l'air, une poussière de germes septiques. Ainsi peut se comprendre l'ensemencement d'êtres anaérobies dans des liquides putrescibles par les poussières en suspension dans l'atmosphère. Ainsi peut s'expliquer la permanence des maladies putrides, de toutes celles même qui peuvent avoir pour cause des microbes anaérobies que l'atmosphère empêche de vivre et qui échappent à cette destruction en devenant corpuscules-germes.

Grâce à des expériences aussi inattendues et aussi concluantes, M. Pasteur avait démontré

que MM. Jaillard et Leplat n'avaient nullement inoculé à leurs lapins un virus amorphe, liquide ou solide, mais un virus constitué par un être vivant microscopique, par un véritable ferment. A côté du parasite du charbon, on avait donc un nouvel exemple d'un virus animé vivant, à germes formant poussière. Et, chose extraordinaire, parmi les microbes auteurs de maladies qu'ils provoquent en pénétrant et en se multipliant dans le corps des animaux, il en est d'aérobies comme le bacille du charbon, et d'autres anaérobies, comme le vibrion de la septicémie aiguë.

II

Pour ces deux maladies si virulentes, le charbon et la septicémie, les recherches de M. Pasteur avaient nettement établi la doctrine du parasitisme. Une grande et nouvelle voie s'ouvrait aux études futures sur les causes des maladies. Toutefois, par les différences surprenantes qui séparent le charbon et la septicémie, on pressent

que si l'avenir, répondant à ce passé d'hier et à des découvertes plus récentes encore, réserve, à n'en guère douter, la connaissance de nouveaux microbes de maladies, les propriétés spécifiques de ces êtres microscopiques exigeront, pour chaque exploration nouvelle, des efforts sans cesse répétés, autant pour mettre ces microbes en évidence que pour apporter les preuves décisives de leur puissance morbide. Mais la question qui doit être considérée comme résolue par avance, c'est la non-spontanéité de ces microbes infectieux. Qui dit maladie parasitaire dit par là même maladie spontanée. Or, il n'y a pas plus de maladie spontanée qu'il n'y a de génération spontanée, dans l'état actuel de la science. De tels aphorismes ne vont pas sans soulever de temps en temps des oppositions d'autant plus vives qu'elles sont plus isolées. Au Congrès médical international tenu à Londres au mois d'août 1881, le docteur Bastian, médecin d'un des principaux hôpitaux de Londres, vint déclarer que, s'il ne pouvait pas ne pas accepter l'existence de maladies à microbes, les microbes, suivant lui, étaient des effets des maladies et non leurs causes.

« Se peut-il, s'écria M. Pasteur, présent à la

e blessure à l'abri de l'atmosphère
constate pas de Microbes.

séance, que l'on puisse aujourd'hui commettre une pareille hérésie scientifique! Ma réponse, docteur Bastian, sera courte. Prenez le membre d'un animal, broyez-le, laissez s'épancher dans ce membre, autour de ces os broyés, autant de sang et d'autres liquides normaux ou anormaux qu'il vous plaira. Veillez seulement à ce que la peau du membre ne soit ni déchirée ni ouverte, et je vous porte le défi de faire apparaître, les jours suivants et pendant tout le temps que durera la maladie, le moindre organisme microscopique dans les humeurs de ce membre. »

A l'exemple de Liebig en 1870, le docteur Bastian n'accepta pas le défi.

Mais si une maladie comme le charbon a sa cause dans un microbe, ce microbe est sous l'influence du milieu où il se trouve. Il ne se développe pas partout. Facilement inoculable et mortel pour le bœuf, le mouton, le lapin et les cochons d'Inde, — ces deux espèces condamnées à toutes les expériences de laboratoire, — le charbon est extrêmement rare chez le chien et chez le porc. Il faut insister à plusieurs reprises pour le leur donner. Encore n'y parvient-on pas toujours. Il ne prend jamais chez les poules. On a beau leur inoculer en quantité considérable du

Microbes du charbon se dévec

sang charbonneux, elles ne paraissent nullement s'en apercevoir. Cette indifférence avait beaucoup frappé M. Pasteur et ses deux collaborateurs MM. Joubert et Chamberland. Que se passait-il donc dans le corps des poules pour qu'elles pussent résister ainsi à des inoculations dont une quantité infiniment plus petite suffisait à tuer des bœufs ? Ils reconnurent, dans une série d'expériences, que le microbe du charbon ne se cultive pas quand il est soumis à une température de 44 degrés centigrades. Or, la température des oiseaux étant entre 41 et 42 degrés, ne peut-il pas se faire, se dit M. Pasteur, que les poules soient à l'abri du charbon, parce que leur sang est à une température trop élevée, peu distante de celle à laquelle le virus charbonneux ne se cultive plus ? La résistance vitale des poules ne serait-elle pas capable de compenser largement le faible écart qui existe entre 41, 42 degrés et 44, 45 degrés ? Car il faut toujours compter sur la résistance de tous les êtres à la maladie et à la mort. Certes, la vie d'un parasite dans le corps d'un animal ne saurait être aussi facile que dans un milieu de culture, enfermé dans un vase de verre. Si le microbe inoculé est aérobie, il ne peut se cultiver dans

le sang qu'en enlevant de l'oxygène aux globules qui le retiennent avec une certaine force pour leur propre vie. Rien n'était plus légitime que de supposer aux globules du sang des poules une avidité d'oxygène telle que les filaments du parasite charbonneux en fussent privés et que leur multiplication fût impossible. Cette idée préconçue conduisit M. Pasteur et ses collaborateurs à de nouvelles recherches. « Si l'on refroidissait, se dirent-ils, le sang d'une poule, le parasite charbonneux ne pourrait-il pas vivre dans ce sang ? »

L'essai fut tenté, on prit une poule et on l'obligea à rester les pattes dans l'eau, après l'avoir inoculée avec du sang charbonneux. L'eau était à 25 degrés. La température du sang de la poule descendit entre 37 et 38 degrés. Au bout de quarante-huit heures, la poule était morte et tout son sang était rempli par la bactéridie charbonneuse.

Mais s'il était possible de rendre une poule charbonneuse par le fait seul d'un refroidissement, ne pourrait-on pas, demanda M. Pasteur, guérir une poule inoculée et maintenue dans l'eau, en la réchauffant à temps ? Une poule fut inoculée, soumise comme la première au traite-

ment de l'eau et, au moment où il était facile de constater qu'elle subissait les ravages du charbon, on la retira de l'eau, on l'enveloppa soigneusement dans du coton, et on la plaça dans une étuve à 35 degrés. Peu à peu ses forces revinrent, elle se secoua, elle se remit ; au bout de quelques heures, elle était en pleine santé. Le microbe était résorbé, il avait disparu. Des poules sacrifiées, après avoir été ainsi sauvées, n'offraient plus la moindre trace de bactéridies charbonneuses.

Combien de tels faits jettent de jour sur les phénomènes de la vie dans leurs rapports avec les actions physiques extérieures et quelles puissantes inductions on peut en tirer pour la grande influence des milieux et des conditions extérieures sur la vie et le développement de la virulence des microbes ! On a beaucoup discuté en Allemagne et en France sur le mode de traitement de la fièvre typhoïde qui consiste à refroidir par des bains souvent répétés le corps des malades. Les bons effets de cette médication peuvent se comprendre, si on les rapproche de l'expérience célèbre de la poule. Dans la fièvre typhoïde, le froid arrêterait le mouvement de fermentation que l'on peut regarder à la fois

comme l'expression et la cause du mal, ainsi que, par un effet inverse, la chaleur du corps arrête, chez la poule, le développement du microbe charbonneux.

n tue ~~fait~~ les poules par
le charbon par le
oid de 37° qui permet la vie microbe
sauve de la fièvre
phoïde par des bains
oids qui ~~tuent~~ tuent les
nimalcules donnant
maladies (fièvre typhoïde).

LE CHOLÉRA DES POULES

Mais si les poules sont naturellement réfractaires au charbon, il est une maladie désastreuse qui s'abat sur elles et que l'on désigne vulgairement sous le nom de choléra des poules.

« L'animal, écrivait M. Pasteur, au moment où, après avoir terminé ses études de charbon et de septicémie, il avait transformé toute une partie de son laboratoire en un vaste poulailler de poules cholériques, l'animal en proie à cette affection, est sans force, chancelant, les ailes tombantes. Les plumes du corps soulevées lui donnent la forme en boule. Une somnolence invincible l'accable. Si on l'oblige à ouvrir les yeux, il paraît sortir d'un profond sommeil. Bientôt les paupières se referment, et le plus

souvent la mort arrive, sans que l'animal ait changé de place, après une muette agonie. C'est à peine si parfois il agite les ailes pendant quelques secondes. »

L'autopsie révèle des désordres intérieurs considérables. Ici encore la maladie est produite par un organisme microscopique. Un vétérinaire de la haute Alsace, M. Moritz, fut le premier qui soupçonna la présence du microbe; un vétérinaire de Turin, M. Peroncito, le figura en 1878; un professeur à l'école vétérinaire de Toulouse, M. Toussaint, le constata à son tour en 1879, et envoya à M. Pasteur la tête d'un coq mort du choléra. Mais, si habiles qu'ils fussent, ces observateurs n'avaient pas tranché la question du parasitisme dans cette maladie. Aucun d'eux n'avait trouvé un milieu de culture pour le parasite et ne l'avait cultivé en cultures successives. Or, pour démontrer que la virulence est attachée exclusivement au parasite, il n'y a pas d'autre méthode à suivre. Il est absolument indispensable, dans l'étude des maladies parasitaires microscopiques, de chercher à se procurer un liquide où l'organisme infectieux puisse se cultiver facilement sans mélange possible avec d'autres organismes d'espèces différentes.

Le bouillon de muscles de poule, neutralisé par la potasse et rendu stérile par une température de 110 à 115 degrés, se montra merveilleusement approprié à la vie du microbe du choléra des poules. La facilité de multiplication de l'organisme microscopique dans ce milieu de culture tient même du prodige. En quelques heures, le bouillon le plus limpide commence de se troubler et se trouve rempli d'une multitude infinie de petits articles d'une extrême ténuité, légèrement étranglés à leur milieu et qu'à première vue on prendrait pour des points isolés. Ces articles n'ont pas de mouvement propre. Les jours suivants, ces êtres se changent en une multitude de points si diminués de volume que le liquide, qui avait été troublé au point de devenir en quelque sorte laiteux, retrouve presque toute sa limpidité primitive. Le microbe dont il s'agit fait certainenement partie d'un tout autre groupe que celui des vibrions. On le range dans un genre appelé des microcoques. C'est dans un groupe de cette nature, disait un jour M. Pasteur, que viendront probablement se placer, lorsqu'on aura réussi à les cultiver, les microbes des virus qui sont encore inconnus.

M. Pasteur essaya, pour cultiver le microbe

du choléra des poules, un des milieux de culture qu'il avait utilisé avec le plus de succès, l'eau de levûre, c'est-à-dire une décoction de levûre de bière dans de l'eau, amenée par la filtration à un état limpide, puis rendue stérile par une température supérieure à 100 degrés. Les organismes microscopiques les plus divers s'accommodent de la nourriture que leur offre ce liquide, surtout s'il a été neutralisé. Vient-on, par exemple, à y semer la bactéridie charbonneuse, elle y prend en quelques heures un développement surprenant. Or, circonstance bien particulière, ce milieu de culture est tout à fait impropre à la vie du microbe du choléra des poules. Non seulement il ne s'y développe pas, mais il y périt même promptement, en moins de quarante-huit heures. Ne peut-on rapprocher ce fait si singulier de ce que l'on observe quand un organisme microscopique se montre inoffensif pour une espèce animale à laquelle on l'inocule? Il est inoffensif parce qu'il ne se développe pas dans le corps de l'animal ou que son développement s'arrête et ne saurait atteindre les organes essentiels à la vie.

Seul le bouillon de muscles de poule est le

vrai milieu qui convient au microbe du choléra des poules. Il suffit d'un centième, d'un millième de goutte de ce bouillon inoculé à une poule pour provoquer en elle la maladie et la mort. Mais voici une particularité étrange. L'inoculation de ce petit parasite à des cobayes, autrement dit des cochons d'Inde, ne les tue presque jamais. Chez les cobayes qui sont déjà d'un certain âge, on n'observe le plus souvent qu'une lésion locale au point d'inoculation, lésion qui se termine par un abcès plus ou moins proéminent. Après s'être ouvert spontanément, l'abcès se referme et guérit, sans que l'animal ait cessé de manger et d'avoir toutes les apparences de la santé. Ces abcès ont parfois une durée de plusieurs semaines. Ils sont entourés d'une membrane pyogénique et remplis d'un pus crémeux, où le microbe fourmille à côté des globules de pus. C'est la vie du microbe inoculé sous la peau qui fait l'abcès. L'abcès, avec la membrane qui l'enferme, devient pour le petit organisme comme un vase fermé où il est facile d'aller le puiser, même sans sacrifier le cobaye. L'organisme s'y conserve, mêlé au pus, dans un grand état de pureté et, bien que localisé, sa virulence est

extrême, aussi grande que dans le millième de goutte prise dans le bouillon de poule. Si on inocule à des poules un peu du contenu de l'abcès, ces poules meurent rapidement, tandis que le cochon d'Inde qui a fourni le virus se guérit sans la moindre souffrance. Curieux spectacle que celui de cette évolution locale d'un organisme microscopique très virulent, qui ne provoque ni désordres intérieurs, ni la mort de l'animal sur lequel il vit et se multiplie et qui est toujours prêt néanmoins à porter la mort chez d'autres espèces auxquelles on l'inocule. Des poules et des lapins qui vivraient en compagnie de cobayes porteurs de tels abcès pourraient tout à coup tomber malades et périr, sans que la santé des cochons d'Inde parût le moins du monde altérée. Il suffirait, pour qu'un tel fait se produisît, que les abcès des cochons d'Inde, venant à s'ouvrir, répandissent un peu de leur contenu sur les aliments des poules et des lapins. Un observateur, témoin de pareilles morts sans cause apparente et ignorant une si étrange filiation, serait, certes, tenté de croire à la spontanéité du mal. Il serait à cent lieues de supposer que le mal a pris son origine dans les cochons d'Inde, tous en bonne santé. Dans

l'histoire des contagions, que de mystères recevront peut-être un jour des solutions plus simples encore que celle-là !

Si l'on dépose sur du pain ou sur de la viande, que l'on se réserve de donner à des poules, quelques gouttes d'une culture de ce microbe, le mal pénètre par le canal intestinal. Là, le petit organisme microscopique se cultive en une si grande abondance que les excréments des poules ainsi infectées font périr les individus auxquels on les inocule. Il est dès lors aisé de se rendre compte du mode de propagation dans les basses-cours de cette très grave maladie, qui dépeuple parfois tous les poulaillers d'un pays. Le seul moyen d'arrêter la contagion serait d'isoler pour quelques jours seulement les poules et les poulets, d'éloigner le fumier, de laver la basse-cour à grande eau, surtout à l'eau acidulée avec un peu d'acide sulfurique ou à l'eau phéniquée à 2 grammes d'acide par litre. Ces liquides détruisent facilement le microbe ou tout au moins suspendent son développement. Toutes causes de contagion disparaîtraient ainsi, parce que, durant l'isolement, les animaux déjà atteints mourraient. L'action de la maladie, en effet, est extrêmement rapide.

La culture répétée du microbe infectieux dans du bouillon de poule, en passant toujours d'une culture à la suivante par l'ensemencement d'une quantité pour ainsi dire infiniment petite, — telle que peut en contenir, par exemple, la pointe d'une aiguille simplement plongée dans la culture, — n'affaiblit pas sensiblement la virulence de l'organisme microscopique. Sa multiplication à l'intérieur du corps des gallinacés est tout aussi facile qu'avec la première culture. Enfin, quel que soit le nombre des cultures successives du microbe dans le bouillon de poule, la dernière culture est encore très virulente. C'est la preuve que ce microbe est l'auteur de la maladie, preuve absolument du même ordre que celle qui avait déjà servi à M. Pasteur pour établir que le charbon et la septicémie sont produits par des microbes spécifiques.

Ainsi que le bacille du charbon, le microbe du choléra des poules est un être aérobie. Il se cultive au contact de l'air ou dans des liquides aérés. Toutefois, et même à ce titre d'être aérobie, il diffère essentiellement à certains égards du parasite charbonneux. Si l'on enferme, à l'abri de l'air, du sang charbonneux, rempli de petits filaments du parasite, — par exemple, si

l'on ferme à ses deux extrémités un tube rempli de ce sang, — en quelques jours seulement, huit ou dix au plus, beaucoup moins encore pendant les chaleurs de l'été, le parasite disparaît ou plutôt se réduit en fines granulations amorphes et le sang perd toute sa virulence. Si l'on emploie le même système de fermeture pour du sang de poule chargé du nouveau microbe, ce microbe, au contraire, se conservera avec sa virulence pendant des semaines, des mois, des années. M. Pasteur a pu conserver pendant trois années des tubes fermés ainsi, dans lesquels il suffisait de prendre une goutte de sang qu'on mettait ensuite en culture dans du bouillon de poule pour provoquer, chez les oiseaux de basse-cour, le choléra. Et non seulement le microbe se conserve ainsi dans le sang contenu dans un tube, mais il en est de même des cultures en bouillon de poule, mises en tubes que l'on ferme ensuite à la flamme d'une lampe.

Lorsque de tels tubes perdent à la longue leur virulence, c'est que la vitalité du microbe s'est éteinte. Au moment où l'on s'aperçoit que le contenu des tubes n'est plus virulent, le contenu des tubes est mort. Inutile alors d'essayer des cultures, le microbe ne peut plus être régénéré.

Voici donc une troisième maladie virulente, également produite par un organisme microscopique. Les caractères de la maladie du choléra des poules sont fort différents des caractères de la maladie du charbon et de la septicémie aiguë, et ces trois microbes ne se ressemblent nullement entre eux. Mais, en remontant dans les études de M. Pasteur, est-ce que la maladie des vers à soie, appelée la pébrine, la flacherie même, ne sont pas, elles aussi, des maladies virulentes ? Ainsi, dans tant de choses, à travers tant d'études, tout se tient et s'enchaîne. Chaque découverte de M. Pasteur est liée à celles qui précèdent et elle est la vérification rigoureuse, par la méthode expérimentale, d'une idée préconçue.

« On ne fait rien, disait-il un jour, sans idées préconçues; il faut avoir seulement la sagesse de ne croire à leurs déductions qu'autant que l'expérience les confirme. Les idées préconçues, soumises au contrôle sévère de l'expérimentation sont la flamme vivifiante des sciences d'observation; les idées fixes en sont le danger. Vous rappelez-vous la belle phrase de Bossuet ? « Le plus grand dérèglement de l'esprit, c'est de croire les choses parce qu'on veut qu'elles

soient. » S'engager dans un chemin et s'arrêter à chaque instant pour se demander si on ne s'égare pas, voilà la vraie méthode.

C'est cette méthode qui l'a conduit, en 1880, à cette merveilleuse découverte de l'atténuation des virus. Ce que sont certains de ces virus, nous l'avons vu, nous allons voir ce qu'ils deviennent entre les mains de M. Pasteur.

LES VIRUS ATTÉNUÉS OU VACCINS

DES MALADIES VIRULENTES

LE VACCIN DU CHOLÉRA DES POULES

Certes, parmi les fléaux qui affligent l'humanité, il n'en est pas de plus grands que les maladies virulentes. Rougeole, scarlatine, diphtérie, variole, syphilis, charbon, fièvre jaune, typhus des camps, peste d'Orient, quelle terrible énumération! J'en passe, comme la morve, la lèpre et la rage. L'histoire de ces maladies présente des circonstances extraordinaires. La plus étrange assurément est celle que de tout temps l'on a constatée chez un grand nombre d'entre elles : l'absence de récidive. En règle générale, et malgré quelques rares exceptions, l'homme n'a qu'une fois la rougeole, la scarlatine, la

peste, la fièvre jaune. Quelle explication, même hypothétique, donner d'un pareil fait? Il est quelque chose de plus surprenant encore. Comment la vaccine, qui est elle-même une maladie virulente, mais bénigne, préserve-t-elle d'une maladie plus grave, la petite vérole? Fut-il jamais une observation plus mystérieuse dans ses causes et dans ses origines, observation unique dans l'histoire de la médecine et qui, depuis près d'un siècle, défie toute comparaison?

Mais, se disait M. Pasteur songeant depuis longtemps à la découverte de Jenner, si toutes les maladies virulentes ne récidivent pas, pourquoi ne trouverait-on pas, pour chacune d'elles, des maladies différentes ou de nature approchante qui, agissant sur elles, ainsi que la vaccine agit sur la variole, auraient la vertu d'une prophylaxie? Un hasard, un de ces hasards qui arrivent à ceux qui font tout pour les provoquer, permit à M. Pasteur d'accomplir ce progrès et d'arriver à une découverte qui a été appelée à juste titre une des plus grandes découvertes du siècle.

Faisant passer le microbe du choléra des poules de culture en culture dans un milieu artificiel, et le faisant passer un nombre de fois

assez grand pour qu'il soit impossible d'imaginer que la moindre trace de gouttelette virulente qui sert de point de départ aux cultures existe encore dans le dernier ensemencement de façon à pouvoir intervenir dans la virulence de la culture, M. Pasteur donnait d'une façon absolue la preuve que les microbes infectieux sont seuls les auteurs des maladies qui leur correspondent. Ce n'est pas seulement une dizaine ou une vingtaine de cultures du choléra des poules que l'on peut faire ainsi, mais cent, mais mille à la rigueur, et à la millième la virulence n'est ni éteinte, ni même sensiblement affaiblie. Toutefois, chose bien digne d'attention, la conservation de la virulence dans les cultures successives n'existe que si l'on n'a pas laissé d'intervalle entre les cultures. Il faut, par exemple, ensemencer la deuxième culture vingt-quatre heures après la première, la troisième vingt-quatre heures après la seconde,... la centième vingt-quatre heures après la quatre-vingt-dix-neuvième... Si on ne passe d'une culture à la suivante qu'après un intervalle de plusieurs jours, de plusieurs semaines et surtout de plusieurs mois, on s'aperçoit d'un grand changement dans la virulence. Le changement, qui est

généralement variable avec la durée de l'intervalle, s'accuse par un affaiblissement dans la puissance de la virulence.

Si les cultures successives du choléra des poules, faites à intervalles très courts, ont une virulence telle que dix poules, vingt poules inoculées périssent dans l'intervalle de vingt-quatre ou de quarante-huit heures, une culture qui aura attendu trois mois, par exemple, dans son flacon de culture, dont l'ouverture est protégée par une bourre de coton, — ce qui empêche l'introduction de tout germe étranger et ne laisse pénétrer que de l'air toujours pur, — cette culture, inoculée à vingt poules, pourra les rendre toutes plus ou moins malades, sans provoquer la mort chez aucune d'elles. Elles se rétablissent après quelques jours de fièvre, de tristesse et de manque d'appétit. Mais si ce phénomène est extraordinaire, voici qui est bien autrement singulier. Si, après la guérison de ces vingt poules, on les réinocule avec un virus très virulent, celui, par exemple, dont il était question tout à l'heure, capable de tuer vingt poules sur vingt, en vingt-quatre ou quarante-huit heures, ces poules seront peut-être quelque peu malades, mais elles ne périront pas. La con-

clusion est simple : la maladie peut se préserver d'elle-même. Elle a bien l'un des caractères des maladies virulentes, celui de la non-récidive.

Si curieux qu'il soit, ce caractère n'est pas cependant une chose inconnue en pathologie. On variolisait autrefois pour préserver de la variole; on clavélise encore les moutons pour les préserver de la clavelée; pour préserver de la péripneumonie les bêtes à cornes, on leur inocule le virus de la péripneumonie elle-même. Le choléra des poules offre une immunité du même ordre. C'est une acquisition scientifique de plus, mais ce n'est pas une nouveauté de principe.

La grande nouveauté, qui se dégage des faits précédents et qui leur donne une place à part dans nos connaissances sur les maladies virulentes, c'est qu'il s'agit ici d'une maladie dont l'agent virulent est un parasite microscopique, un être vivant, cultivable en dehors de l'économie et que l'atténuation de sa virulence est au pouvoir de l'expérimentateur. Il la crée, il la diminue, il en fait ce qu'il veut. Et toutes ces virulences variables, il les obtient à l'aide de la virulence maximum par une manipulation de laboratoire. Rapproché du grand fait de la vac-

cine dans ses rapports avec la variole, ce microbe affaibli, qui n'amène pas la mort, se comporte comme un véritable vaccin, relativement au microbe qui tue. Il provoque, en définitive, une maladie que l'on peut appeler bénigne, puisqu'elle ne détermine pas la mort et qu'elle peut préserver de la maladie sous sa forme mortelle.

Mais, pour que ce microbe de virulence atténuée fût un véritable vaccin, comparable au vaccin du *cow-pox* ne fallait-il pas qu'il fût, si l'on peut ainsi parler, fixé dans sa variété propre et qu'on ne fût point contraint de recourir à sa préparation d'origine ? Jenner, quand il eut démontré que le *cow-pox* inoculé préservait de la variole, eut quelque temps la crainte que l'on ne fût obligé d'avoir toujours recours au *cow-pox* de la vache pour se procurer du vaccin. Sa véritable découverte consista à constater que l'on pouvait se passer du cow-pox de la vache et inoculer le vaccin de bras à bras. M. Pasteur fit passer son microbe atténué de culture en culture. Qu'allait-il devenir ? Reprendrait-il sa virulence très active ou conserverait-il sa virulence discrète ?

La virulence resta affaiblie et pour ainsi dire

sans changement. C'était donc bien un véritable vaccin. Quelques vétérinaires et quelques fermiers, à l'annonce de cette découverte, s'adressèrent à M. Pasteur pour lui demander du vaccin contre la maladie si désastreuse des basses-cours. Des essais furent tentés, et tous réussirent on ne peut mieux. Pour conserver ce vaccin, on le met à l'abri du contact de l'air, on enferme ses cultures dans des tubes à extrémités scellées à la flamme du chalumeau.

Avant le moment où l'on arrive à cette atténuation de la virulence, à cet intervalle de temps volontairement placé entre deux cultures successives de ce microbe du choléra, de cet intervalle qui fait l'atténuation et les vaccins, que se passe-t-il donc? Quel est le secret de cette influence? Eh bien! l'agent qui intervient n'est autre que l'oxygène de l'air. La preuve, la voici. Si l'on pratique la culture de ce microbe dans un tube contenant très peu d'air, et si l'on ferme ensuite ce tube à la flamme de la lampe, le microbe, par son développement et sa vie, prend promptement tout l'oxygène libre contenu dans le tube et l'oxygène dissous dans le liquide. Placé ainsi complètement à l'abri du contact de l'oxygène, le microbe, durant des mois et quelquefois même

Je ne comprends pas !

durant des années, ne s'atténuera pas sensiblement.

L'oxygène de l'air apparaît donc comme la cause de la modification de la virulence du microbe.

Mais comment expliquer alors la non-influence de l'oxygène de l'air dans les cultures successives quand on les pratique toutes les vingt-quatre heures ? Il n'y a qu'une explication possible, dans la pensée de M. Pasteur, c'est que l'oxygène de l'air est dans ce dernier cas uniquement employé à la vie du microbe. Une culture a une durée de quelques jours ; après vingt-quatre heures, elle n'est pas terminée. L'air qui vient à son contact est donc employé tout entier à nourrir et à faire pulluler le microbe. L'air n'agit plus ensuite, durant ces longs intervalles de culture, que comme un modificateur, et il arrive un moment où la virulence s'affaiblit au point de devenir nulle.

On constate alors ce fait bien extraordinaire que la virulence peut arriver à ce degré de nullité, avant qu'il y ait mort du microbe. Les cultures offrent le spectacle d'un microbe indéfiniment cultivable, incapable d'un autre côté de vivre dans le corps des gallinacés, et

un microbe innocent peut se transmettre de culture en culture . . . . .

294

qui est par conséquent dépourvu de virulence. Ne peut-on pas comparer ce microbe, domestiqué, comme l'appelait un jour M. Bouley, à ces microbes inoffensifs, comme il y en a tant dans la nature? Nos microbes communs ne seraient-ils pas des microbes déchus de virulences antérieures? Mais ces microbes inoffensifs ne pourraient-ils pas devenir infectieux dans des circonstances particulières? Et s'il y a moins de maladies virulentes aujourd'hui que dans les temps passés, le nombre de ces maladies ne pourrait-il pas s'accroître de nouveau?

Les interrogations se multiplient, tant les faits relatifs à ce premier fait d'atténuation d'un virus suggèrent d'inductions, éveillent d'idées et jettent de clartés nouvelles sur un problème d'une telle obscurité jusqu'à ces dernières années. On croyait autrefois que les virus étaient des entités morbides. Un virus était un. Cette opinion a encore des défenseurs déclarés. Dans la pensée de M. Pasteur, un virus a des degrés de virulence : il peut aller de la virulence nulle à la virulence maximum. Modifiant à volonté le virus du choléra des poules, M. Pasteur inocule, par exemple, à des poules un virus trop peu atténué pour qu'elles soient à l'abri du virus mortel, mais qui

teur en modifiant son Vaccin est
ître de la Santé des Poules....

est cependant d'une efficacité assez grande pour les prémunir contre les atteintes d'un virus plus fort que le virus primitif. Le second virus les préservera des atteintes d'un troisième virus, et de virus en virus elles finissent par être garanties contre la virulence la plus mortelle, c'est-à-dire contre le virus à virulence maximum connue. Toute la question du vaccin se réduit à savoir à quel moment tel degré de virus est une garantie de protection contre le virus mortel.

Il semble qu'il se passe entre la variole et la vaccine humaine des faits de même ordre. Il est probable que l'on est rarement vacciné contre la variole de façon à pouvoir résister à un virus varioleux très intense. Aussi, dans les épidémies de variole, beaucoup de personnes vaccinées sont-elles atteintes, et atteintes parfois d'une variole mortelle.

Au sujet de la pratique de la vaccination des poules contre le choléra qui leur est propre, — ce qui, certes, n'a pas l'importance matérielle de la pratique de la vaccine humaine, mais ce qui, scientifiquement, est un fait capital, — on peut espérer, quelles que soient les différences de réceptivité des races ou des individus d'une même race, trouver les vaccins qui leur con-

viennent, si l'on a soin surtout de recourir à l'emploi de deux vaccins successifs, d'inégale puissance, mis en usage après dix ou quinze jours d'intervalle. Le premier vaccin peut toujours être choisi d'une assez grande faiblesse pour ne tuer aucun des sujets, et avoir cependant une assez grande force pour que le second vaccin, qui serait en partie mortel s'il était employé d'emblée, ne puisse amener d'accidents et qu'il puisse vacciner contre le virus le plus virulent. Quant à la préparation des vaccins et à leur force appropriée de virulence, il faut, pour s'en rendre compte, tenter des essais sur un certain nombre de poules, au risque même d'en sacrifier quelques-unes dans les épreuves préalables. En dehors de ces questions de manipulation, reste une question scientifique. Comment peut-on concevoir les effets de la vaccination? Que se passe-t-il? Quelle explication donner à ce fait qu'une maladie bénigne peut préserver d'une maladie plus grave et la plupart du temps mortelle? M. Pasteur a cherché longtemps la solution d'un tel problème. Sans se flatter d'avoir dénoué la difficulté, il a cependant amassé des faits qui permettent, au milieu de ces mystères de la physiologie, de faire une hypothèse satisfaisante

…aladie bénigne préserve d'une
…aladie Mortelle ? ? ? ? ? ? ?....

pour l'esprit. M. Pasteur croit que le vaccin, en se cultivant dans le corps de l'animal, enlève aux globules du sang, par exemple, certains principes matériels que la vie met longtemps à rendre à l'économie, et dont le virus mortel, ou des virus de plus grande virulence que le premier virus-vaccin, ne pourraient se passer pour vivre. Ainsi s'expliquerait l'impossibilité d'action de ces virus progressifs et du virus mortel.

Lorsque M. Pasteur rendit compte à l'Académie des sciences de faits si importants et si imprévus, il y eut, au premier moment, quelques doutes. Ce ne fut pas sans un peu de surprise que l'on entendit, appliqué au choléra des poules, ce mot de vaccination, exclusivement réservé jusqu'alors à la découverte de Jenner. Ce fut au Congrès médical international, qui se tint à Londres au mois d'août 1881, que M. Pasteur, — devant trois mille médecins venus de toutes les parties du monde et qui l'acclamèrent avec un enthousiasme qui retombait en gloire sur la France, — justifia le nom qu'il avait donné à ses expériences prophylactiques.

« J'ai prêté, disait-il, à l'expression de vaccination une extension que la science, je l'espère, consacrera comme un hommage au mérite et

aux immenses services rendus par un des plus grands hommes de l'Angleterre, Jenner. »

Et pourtant, tout en rendant hommage au sentiment qui porta M. Pasteur à s'effacer derrière Jenner, on a le droit, si l'on envisage les choses au point de vue de la science théorique, de dire qu'il n'y a aucune assimilation à faire entre les deux découvertes. Si grande que soit la découverte de Jenner, elle n'est qu'une observation de hasard, sans fécondité ultérieure. Aussi, depuis un siècle, la médecine n'a-t-elle pu en déduire autre chose que son application même qui en est toute l'expression. « La vaccine..., c'est la vaccine, » était obligé de dire un contradicteur que M. Pasteur poursuivait vigoureusement. Le contradicteur ne trouvait pas d'autre réponse et il ne pouvait pas en trouver d'autre. Le *cow-pox* est une maladie propre à une race animale. L'homme ne peut que l'observer ; il ne la provoque pas. Supprimez le *cow-pox* et la nuit se fait aussitôt pour la vaccination. Dans la découverte française, au contraire, c'est le virus mortel lui-même qui sert de point de départ au vaccin. C'est la main de l'homme qui fait le vaccin, et ce vaccin peut être préparé par un artifice de laboratoire, de manière à suffire à tous les

besoins. Quel avenir ne se présente pas à l'esprit, quand on songe que le virus et ses vaccins sont une espèce vivante et que dans cette espèce il y a toutes sortes de variétés susceptibles d'être fixées par des cultures artificielles? Jenner avait fait une rencontre de génie, mais M. Pasteur a trouvé une méthode de génie.

« Ce n'est là qu'un commencement, disait M. Bouley, le jour où ces faits avaient été annoncés à l'Académie des sciences. Une doctrine nouvelle s'ouvre pour la médecine, et cette doctrine m'apparaît puissante et lumineuse. Un grand avenir se prépare; je l'attends avec la confiance d'un croyant et le zèle d'un enthousiaste. »

Le Vaccin du Charbon.
voir 329 à 301.

LE VACCIN DU CHARBON

ci-contre

Ainsi que le fait vient d'être établi pour le microbe du choléra des poules, l'immunité contre un microbe virulent peut donc être acquise par une maladie bénigne que provoque ce même microbe affaibli dans sa virulence. Quel avenir pour la médecine, si l'on pouvait appliquer cette méthode à la prophylaxie de toutes les maladies virulentes! Le charbon étant à l'étude dans le laboratoire de l'École normale, c'est sur le charbon que la recherche fut d'abord tentée. Mais le succès de cette recherche, se disait M. Pasteur, on ne peut l'espérer que si l'affection charbonneuse ne récidive pas. C'est alors seulement que l'on serait autorisé à penser que l'inoculation du microbe charbonneux affaibli

a b

charbon est donné par une certaine

préserverait du charbon mortel. Malheureusement la médecine humaine est muette sur cette question de non-récidive. L'homme survit rarement à une pustule maligne. S'il y a des cas de guérison, — et il en existe d'authentiques, — celui qui a échappé à la mort ne saurait être fixé sur la chance qu'il peut avoir d'être désormais à l'abri du charbon. Il lui faudrait, pour acquérir une telle sécurité, s'exposer à des expériences directes d'inoculation, ce dont il ne se soucie guère. Seuls les animaux offrent la possibilité de résoudre ce problème. Encore est-il nécessaire de ne pas s'adresser à toutes les espèces. Tout mouton inoculé de l'affection charbonneuse est un mouton perdu. Le bœuf et la vache résistent davantage. Les cas de guérison sont fréquents. Un incident permit à M. Pasteur de pousser très loin cette étude expérimentale.

En 1879, le ministre de l'agriculture le chargea de porter un jugement sur la valeur d'un procédé de guérison du charbon des vaches qu'avait imaginé un vétérinaire du Jura, M. Louvrier. Après s'être adjoint M. Chamberland pour surveiller l'application du remède de M. Louvrier, M. Pasteur institua une série d'expériences comparatives. On inocula des vaches, au nombre

de deux et parfois au nombre de quatre, par le virus charbonneux virulent. La moitié de ces vaches fut livrée au mode de traitement de M. Louvrier; l'autre moitié ne fut pas traitée. Un certain nombre des vaches soignées par M. Louvrier résistèrent, mais un nombre pareil de vaches non traitées se remirent également. On constata tout à la fois l'inefficacité du remède et la cause des illusions de l'inventeur. Mais il resta de l'essai de ce remède un résultat précieux. M. Pasteur et M. Chamberland eurent ainsi à leur disposition plusieurs vaches guéries du charbon et qui en avaient ressenti les atteintes par les symptômes les plus graves. Au point inoculé, des œdèmes énormes s'étaient formés, œdèmes qui descendaient dans les membres ou sous l'abdomen et qui contenaient jusqu'à plusieurs litres de sérosité. La fièvre avait été intense et, à certain moment, la mort avait paru imminente. Quand ces vaches guérirent, on les réinocula avec de grandes quantités de virus virulent. Pas la moindre trace de maladie ne se manifesta, l'inoculation fût-elle pratiquée après un intervalle de plus d'une année.

La question était résolue. Ainsi que la plupart des maladies virulentes qui ont pu être

vaches ont le charbon une fois
pas deux.
que la plupart des maladies virulentes

Comme la plupart des maladies virulentes le charbon ne récidive pas.

étudiées sous ce rapport, le charbon ne récidive pas. L'immunité acquise a une longue durée. Alors, avec cette vaillante ardeur qui le pousse toujours à aller en avant, M. Pasteur se promit de rechercher le vaccin du charbon. En vue de ces nouvelles investigations qui devaient exiger de longs et minutieux travaux, et qui demandaient certaines connaissances médicales, M. Pasteur s'adjoignit, outre M. Chamberland, un jeune savant, aujourd'hui docteur en médecine, M. Roux.

Poursuivant le cours rigoureux de ses déductions, M. Pasteur s'adressa naturellement à l'oxygène de l'air pour tenter la modification de la virulence du microbe du charbon. Mais une difficulté se présenta tout d'abord. Entre le microbe charbonneux et le microbe du choléra des poules, il existe une différence essentielle. Comme il arrive pour un grand nombre d'organismes microscopiques, le microbe du choléra des poules se reproduit seulement par scissiparité. Le parasite du charbon, au contraire, a un autre mode de génération. Il renferme des corpuscules-germes dont on ne trouve pas les analogues dans le microbe du choléra.

Dans le sang des animaux comme dans les cultures à leur début, le microbe charbonneux est d'abord en filaments translucides, plus ou moins segmentés. Jusque-là, la ressemblance entre le microbe du charbon et le microbe du choléra est complète. Mais ce sang ou ces cultures, exposés au libre contact de l'air, au lieu de continuer ce premier mode de génération, laissent voir, souvent déjà après vingt-quatre heures, des corpuscules-germes distribués en séries plus ou moins régulières, dans la longueur des filaments. Tout autour de ces corpuscules, la matière du filament se résorbe, ainsi que M. Pasteur l'a figuré autrefois dans les planches de son ouvrage sur la maladie des vers à soie, à propos des bacilles de putréfaction. Peu à peu, toute liaison entre ces corpuscules disparaît et leur ensemble ne forme bientôt plus qu'une poussière de germes. Or, — et voici la grande difficulté que les expérimentateurs rencontrèrent pour appliquer au charbon le mode d'atténuation du microbe du choléra, — ces germes peuvent être exposés pendant des années au contact de l'air sans perdre leur virulence, toujours prête à se reproduire sans changement appréciable et à manifester ses effets dans le corps des animaux.

Comment espérer découvrir le vaccin du charbon avec la méthode qui avait servi au vaccin du choléra des poules, puisque la virulence charbonneuse se fixe très vite, au bout de vingt-quatre heures déjà, dans un germe? Avant que l'oxygène de l'air ait eu le temps d'atténuer par sa présence le parasite dans sa culture, la virulence de ce parasite se serait établie, enkystée dans des corpuscules-germes. Et cependant M. Pasteur ne vit pas dans cette objection une objection capitale. Puisque, se disait-il, sous sa forme de filaments le microbe du charbon est tout à fait l'analogue des petits articles du microbe du choléra des poules, on peut réduire le problème de l'exposition à l'air du microbe charbonneux à ce problème-ci : Rechercher les conditions propres à empêcher les corpuscules-germes du charbon de prendre naissance. La difficulté serait ainsi tournée, car, une fois que l'on serait délivré des corpuscules-germes, les filaments charbonneux pourraient être maintenus au contact de l'air, pendant un temps quelconque, et l'on retomberait vraisemblablement dans les conditions qui avaient amené l'atténuation du microbe du choléra.

M. Pasteur et ses deux préparateurs s'enga-

gèrent dans cette voie. Les jours passèrent, les expériences se multiplièrent. M. Pasteur devenait de plus en plus préoccupé. Il avait ce que sa fille appelait « sa figure à découverte prochaine ».

« Ah! que ce serait beau! murmurait-il de temps en temps à demi-voix, si l'on arrivait à cela; si le fait de l'atténuation du microbe du choléra des poules n'était pas un fait isolé! » Mais quand on se risquait à lui adresser une question timide sur la phase que traversaient ses expériences, M. Pasteur répondait : « Non, je ne puis rien vous dire, je n'ose pas formuler tout haut ce que j'espère. »

Un jour enfin, il remonta de son laboratoire le visage triomphant. Sa joie était telle que les larmes lui montaient aux yeux. Jamais je n'ai vu sur une physionomie un plus grand rayonnement de toutes les émotions hautes et généreuses que peut contenir l'âme humaine :

« Je ne me consolerais pas, nous dit-il en nous embrassant, si une découverte comme celle que nous venons de faire, mes préparateurs et moi, n'était pas une découverte française! »

Et, avec cette clarté qui est le charme de ce

puissant esprit, il nous raconta les dernières expériences de son laboratoire.

Dans le bouillon neutre de poule, le microbe charbonneux ne se cultive plus à 44, 45 degrés. Sa culture est facile, au contraire, à 42, 43 degrés et, dans ces conditions, le microbe ne donne plus de corpuscules-germes ou spores. On peut donc maintenir, au contact de l'air pur, entre 42, 43 degrés une culture filamenteuse du parasite du charbon entièrement privée de germes. En quelques semaines, la culture meurt, c'est-à-dire que si on ensemence cette culture dans du bouillon récent, la stérilité de ce bouillon est complète. Mais, les jours précédents, la vie existe dans la culture. Si, après deux, quatre, six et huit jours d'exposition à l'air et à la chaleur, on éprouve la virulence de cette culture sur des animaux, on constate que la culture change sans cesse de virulence avec le temps de son exposition et qu'en conséquence elle représente une série de virulences atténuées. Tout est donc sensiblement pareil à ce qui se passe pour le microbe du choléra des poules, du moment où l'on empêche la formation des spores du bacille charbonneux. En outre, comme pour le microbe du choléra, chacun de ces états

de virulence atténuée peut être reproduit par la culture. Enfin, le charbon ne récidivant pas, chacun de ces microbes charbonneux constitue un vaccin pour le microbe supérieur.

Afin de proportionner la virulence du vaccin à l'espèce que l'on veut vacciner, il faut éprouver ce vaccin sur un certain nombre d'individus de cette espèce. Si on inocule à des animaux vaccinés le virus virulent et qu'aucun d'eux ne périsse, le vaccin est bon. Toutefois, parmi les individus d'une même espèce, la différence de réceptivité est en général assez grande pour qu'il soit prudent, nécessaire même de recourir à deux vaccins inoculés à douze ou quinze jours d'intervalle, l'un faible et l'autre plus fort.

Ce fut le 28 février 1881 que M. Pasteur communiqua à l'Académie des sciences, en son nom et au nom de ses deux collaborateurs, l'exposé de cette grande découverte. Des applaudissements éclatèrent avec une joie et une fierté patriotiques. Et cependant ces résultats étaient si merveilleux que quelques confrères ne purent s'empêcher de dire : « Il y a un peu de roman dans tout cela. » Tout cela rappelait, en effet, ce que faisait l'alchimiste de Lesage pour les diables

qui le gênaient. Il les enfermait dans des petites fioles bien bouchées et les tenait ainsi prisonniers et inoffensifs. M. Pasteur enfermait dans des ballons tout un monde de microbes, avec toutes sortes de variétés qu'il cultivait à volonté. Virulence atténuée ou terrible, maladie bénigne ou mortelle, il pouvait tout offrir. A peine les journaux avaient-ils publié le compte-rendu de cette communication que le président de la Société d'agriculture de Melun, M. le baron de la Rochette, venait au nom de la Société offrir à M. Pasteur de faire une expérience publique de vaccination charbonneuse.

M. Pasteur accepta. Le 28 avril, il y eut une sorte de convention passée entre M. Pasteur et la Société. La Société mettrait à la disposition de M. Pasteur et à celle de ses jeunes collaborateurs, MM. Chamberland et Roux, soixante moutons. Dix de ces moutons ne devaient recevoir aucun traitement. Vingt-cinq subiraient deux inoculations vaccinales, à douze ou quinze jours d'intervalle, par deux virus-vaccins d'inégale force. Quelques jours après, ces vingt-cinq moutons seraient soumis, en même temps que les vingt-cinq moutons restants, à une inoculation de charbon très virulent. Une expérience

pareille aurait également lieu sur dix vaches. Six seraient vaccinées, quatre non vaccinées, et les dix vaches recevraient ensuite, le même jour que les cinquante moutons. l'inoculation du virus très virulent.

M. Pasteur affirma que les vingt-cinq moutons non vaccinés périraient, que les vingt-cinq vaccinés résisteraient au virus très virulent, que les six vaches vaccinées ne seraient pas malades, tandis que les quatre autres non vaccinées, si elles ne mouraient pas, seraient du moins extrêmement malades.

Dès que la presse scientifique et agricole eut publié ce programme et enregistré les prophéties de M. Pasteur, plusieurs de ses confrères à l'Académie des sciences, émus d'une telle hardiesse, devant un sujet enveloppé jusque-là d'obscurités profondes, craignant de voir l'illustre compagnie quelque peu compromise par ces affirmations devant ces problèmes de physiologie et de pathologie, adressèrent à M. Pasteur quelques observations sur ce qu'ils appelaient une imprudence scientifique.

« Prenez garde, lui dirent-ils, vous vous engagez sans vous réserver une retraite possible. Vos expériences de laboratoire ne vous auto-

risent peut-être pas encore à tenter des expériences comme celles de Melun.

— Sans doute, répondit M. Pasteur, dans nos expériences d'études, nous n'avons jamais eu à notre disposition un si grand nombre d'animaux à inoculer, mais j'ai pleine confiance. Ce qui a déjà été fait dans mon laboratoire m'est une garantie de ce que l'on peut faire. »

Et M. Bouley, confiant aussi dans les assurances de son illustre ami, prenant rendez-vous avec lui pour assister à ces audacieuses expériences, dit à ces confrères inquiets :

« Ne craignez rien, il reviendra en triomphateur. »

Les expériences commencèrent le 5 mai 1881, à trois kilomètres de Melun, dans une ferme de la commune de Pouilly-le-Fort, appartenant à un vétérinaire, M. Rossignol, secrétaire général de la Société de Melun. Sur le désir de la Société d'agriculture, une chèvre avait remplacé un des vingt-cinq moutons du premier lot. Le 5 mai, on inocula, à l'aide de la petite seringue de Pravaz, — celle dont on se sert dans toutes les injections hypodermiques, — vingt-quatre moutons, la chèvre et six vaches par cinq gouttes d'un virus charbonneux atténué. Douze jours

après, le 17 mai, on réinocula ces trente et un animaux par un virus atténué, mais plus virulent que le précédent.

Le 31 mai était le jour de l'inoculation très virulente. Des vétérinaires, des curieux, des agriculteurs formaient foule autour de ce petit troupeau. Les trente et un sujets vaccinés, attendant la terrible épreuve, étaient à côté des vingt-cinq moutons et des quatre vaches qui attendaient aussi leur premier tour d'inoculation virulente. Sur la proposition d'un vétérinaire, qui colora son scepticisme du désir de rendre les épreuves plus comparatives, on inocula alternativement un animal vacciné et un animal non vacciné. Rendez-vous fut pris alors par M. Pasteur et toutes les personnes présentes pour le jeudi 2 juin, c'est-à-dire après un intervalle de quarante-huit heures, depuis le moment de l'inoculation virulente.

Plus de deux cents personnes s'étaient donné rendez-vous à Melun. Le préfet de Seine-et-Marne, M. Patinot, des sénateurs, des conseillers généraux, des journalistes, un grand nombre de médecins, de vétérinaires et de fermiers, tous ceux qui croyaient et tous ceux qui doutaient étaient venus impatients du résultat. A leur

arrivée dans la ferme de Pouilly-le-Fort, ils ne purent retenir un cri d'admiration. Sur les vingt-cinq moutons non vaccinés, vingt et un étaient morts charbonneux, la chèvre était morte aussi ; deux autres moutons se mouraient et le dernier, déjà frappé, devait mourir le soir même. Les vaches non vaccinées avaient toutes des œdèmes volumineux au point d'inoculation, derrière l'épaule. La fièvre était intense et elles n'avaient plus la force de manger. Les moutons vaccinés étaient en pleine santé, en pleine gaieté. Les vaches vaccinées n'avaient aucune tumeur, elles n'avaient même pas subi une élévation de température et elles continuaient à manger paisiblement.

Il y eut devant ces résultats vraiment merveilleux une explosion d'enthousiasme. Les vétérinaires surtout, qui avaient accueilli avec une complète incrédulité l'annonce anticipée des résultats du programme des expériences, qui, dans leurs conversations, dans leurs journaux, avaient déclaré bien haut qu'il était difficile de croire à la possibilité de préparer des virus-vaccins capables de triompher de maladies aussi mortelles que le choléra des poules et le charbon, ne revenaient pas de leur surprise. Ils

regardaient les morts, ils tâtaient les vivants.

« Allons! dit à l'un d'eux M. Bouley, êtes-vous converti? Il ne vous reste plus qu'à vous incliner devant le maître, ajouta-t-il en montrant M. Pasteur, et à vous écrier :

« Je vois, je sais, je crois, je suis désabusé. »

Devenus subitement les fervents apôtres de la nouvelle doctrine, les vétérinaires allèrent partout proclamer ce qu'ils venaient de voir. Un de ceux qui avaient le plus douté poussa le prosélytisme jusqu'à vouloir se faire vacciner lui-même. Ce vétérinaire du département de l'Yonne s'inocula les deux vaccins, sans autre accident qu'une légère fièvre. Il fallut tous les efforts de sa famille pour l'empêcher de s'inoculer le virus très virulent.

Un mouvement extraordinaire se produisit de toutes parts en faveur de la vaccination. Un grand nombre de Sociétés agricoles voulurent répéter la célèbre expérience de Pouilly-le-Fort; des cultivateurs accablèrent M. Pasteur de demandes de vaccins. M. Pasteur dut installer rue Vauquelin, à quelques pas de son laboratoire, une petite fabrique de préparation de ces vaccins. A la fin de l'année 1881, il y avait déjà

33,946 animaux vaccinés, qui se décomposaient en 32,550 moutons, 1,254 bœufs et 142 chevaux. En 1882, le chiffre des animaux vaccinés s'éleva à 399,102. 47,000 bœufs et plus de 2,000 chevaux étaient compris dans ce chiffre. En 1883, plus de 100,000 animaux s'ajoutèrent au total de 1882.

Dès le début de l'application pratique de la nouvelle méthode, les résultats furent topiques. En 1881, dans des troupeaux dont la moitié avait été vaccinée et l'autre non vaccinée, — tous les animaux continuant de vivre ensemble, — la mortalité par le charbon fut sur les moutons vaccinés dix fois plus faible que sur les non vaccinés. 1 sur 740 au lieu de 1 sur 78; et sur les vaches et les bœufs quatorze fois plus faible, 1 sur 1,254 au lieu de 1 sur 88. En 1882, la mortalité fut également dix fois plus grande sur les non vaccinés que sur les vaccinés.

En 1883, on constate que la durée de l'immunité dépasse en général une année; mais il est sage de vacciner tous les ans et de choisir, pour procéder à cette opération, une époque où le charbon ne se développe pas encore, en mars et en avril. Si l'on attend, pour vacciner, que le charbon soit dans la bergerie, on s'expose à

mettre sur le compte de la vaccination des pertes qui, en réalité, appartiennent au charbon naturel. De même que la vaccine humaine ne préserve pas de la variole un sujet qui est déjà en puissance de variole, de même les vaccins charbonneux sont impuissants contre le charbon en voie d'incubation.

Il ne faudrait pas croire que l'on ne puisse pas comparer la durée de l'immunité chez les animaux à la suite de la vaccination charbonneuse à la durée de l'immunité contre la variole par la vaccine jennérienne. Jenner et ses contemporains croyaient que la vaccine était capable de préserver de la variole pendant toute la vie. On ne partage plus depuis longtemps cette illusion. On fixe aujourd'hui à dix années en moyenne la durée de cette immunité et l'intervalle qui doit séparer les vaccinations successives. Encore cet intervalle est-il trop long pour un certain nombre d'individus. Il ne faut pas perdre de vue d'ailleurs, pour juger de l'immunité des vaccins anticharbonneux, l'épreuve redoutable à laquelle on soumet les animaux vaccinés en leur inoculant le virus le plus virulent. Quel est donc le médecin qui oserait soumettre un enfant vacciné à l'inoculation de la variole noire, un an après

sa vaccination ? Enfin, à ne considérer que la vie commerciale et économique, si l'on peut ainsi parler, d'un mouton, la moyenne de cette vie ne dépasse guère trois années. La durée de l'immunité que lui confère la vaccine est donc du tiers environ de la durée de sa vie.

DU RETOUR A LA VIRULENCE

Après avoir fait descendre aux microbes du choléra des poules et du charbon tous les degrés de la virulence, les avoir conduits à ne plus pouvoir se multiplier dans le corps des animaux auxquels on les inocule et les avoir fixés dans des milieux appropriés à leur vie, M. Pasteur se demanda s'il ne pourrait pas rendre à ces microbes plus ou moins affaiblis, atténués même au point d'avoir perdu toute virulence, une virulence meurtrière, s'il ne pourrait pas les rendre aptes à vivre et à se multiplier dans le corps des animaux.

L'expérience ne tarda pas à confirmer cette vue de l'esprit. Un virus charbonneux atténué, qui ne fait courir aucun danger de maladie ou de

Cobayes

372

mort à des cobayes d'un an, de quelques mois ou même d'une semaine, provoque la mort d'un petit cochon d'Inde qui vient de naître, qui n'a qu'un ou deux jours. Le microbe atténué se multiplie dans le sang d'un animal aussi jeune. On peut croire que, chez cet être à peine formé, la puissance d'oxygénation des globules du sang n'est pas encore capable d'empêcher le microbe aérobie du charbon d'utiliser à son profit l'oxygène du sang. La maladie fait son œuvre et la mort survient.

Mais après tout, que la résistance vitale d'un cobaye qui vient de naître soit autre que celle d'un cobaye adulte, il n'y a rien là de bien étonnant. Ce qui est très curieux, c'est que si l'on passe d'un cobaye d'un jour à un autre un peu plus âgé, par l'inoculation du sang du premier au second, puis de celui-ci à un troisième encore plus âgé, et ainsi de suite, on renforce progressivement la virulence du microbe, c'est-à-dire l'accoutumance de ce parasite à se développer dans le corps des cobayes. On dirait une race végétale ou animale qui, passant par étapes et séjours successifs d'une région à une autre très éloignée, soumise à de tout autres conditions climatériques, s'acclimaterait progressivement à

par ces cultures successives le microbe prend de la force

Cobaye

cette dernière. Pour la virulence des microbes auteurs de maladies que l'importance du milieu est donc une grande chose! Par cette culture du microbe, en passant d'un cobaye à l'autre, on finit promptement par tuer du charbon les cobayes d'une semaine, d'un mois, de plusieurs années; enfin la plus petite goutte de sang de ces cobayes suffit à tuer des moutons et des moutons on peut passer à un bœuf.



Il en est de même pour le microbe du choléra des poules. Lorsqu'il est arrivé à être sans action sur les poules, on lui rend sa virulence en inoculant de tout petits oiseaux. Serins, canaris, moineaux, tous meurent, si le virus n'a pas été trop atténué. On peut également se servir de jeunes poussins. On crée ainsi, par quelques passages successifs dans le corps de ces animaux, une virulence capable de faire périr des poules.



De tels faits ont suggéré à M. Pasteur des inductions peut-être profondes. L'atténuation des virus par l'influence de l'air n'est-elle pas un des facteurs de l'extinction des grandes épidémies? Et le renforcement de la virulence ne peut-il à son tour rendre compte de l'apparition de ces fléaux?

« Les récits que j'ai lus de l'apparition spon-

tanée de la peste de Benghazi, en 1856 et en 1858, disait il y a quelques mois M. Pasteur, tendent à prouver que cette apparition n'a pu être rattachée à aucune contagion d'origine. Supposons, guidés comme nous le sommes par tous les faits que nous connaissons aujourd'hui, que la peste, maladie virulente propre à certains pays, ait des germes de longue durée. Dans tous ces pays, son virus atténué doit exister, prêt à reprendre sa forme active quand des conditions de climat, de famine, de misère s'y montrent de nouveau. La condition d'une durée dans la vitalité des germes du mal n'est même pas indispensable; car, si j'en crois les médecins qui ont parcouru ces contrées, dans tous les pays à peste et dans les intervalles des grandes épidémies, on rencontre des sujets atteints de bubons non mortels, semblables aux bubons de la peste mortelle. N'est-il point probable que ces bubons renferment un virus atténué de la peste et que le passage de ce virus dans des corps épuisés, comme il en existe tant aux époques de famine, peut rendre à ce virus atténué une virulence plus grande?

« Il est d'autres maladies virulentes qui apparaissent brusquement comme le typhus des

dans les pays à peste le virus inoffensif, devient offensif aux époques de famine, quand il rencontre des corps épuisés.

armées ou des camps. Sans doute, les germes des microbes, auteurs de ces maladies, sont partout répandus, mais atténués, et, à cet état, l'homme les porterait sur lui ou dans son canal intestinal sans grand dommage, et ils ne seraient prêts à devenir dangereux que quand, par des conditions d'encombrement et peut-être de développement successifs à la surface des plaies, dans des corps affaiblis par la maladie, leur virulence se trouverait progressivement renforcée. »

[illegible] soldats portent dans leur canal intestinal les germes des microbes, sans souffrir tant que ces soldats sont [illegible] [illegible], mais s'ils sont affaiblis par les [illegible]rations, les encombrements, les [illegible] microbes triomphent de natures [illegible] développent leur force, et sont [illegible] [illegible] de mort.

Étude de l'affaiblissement qui survient aux individus soustraits à l'influence d'un air ... et vif, c'est à dire étiolés

voir page 229.

325
330

ÉTIOLOGIE DU CHARBON

Avec autant de rigueur que de précision, M. Pasteur avait triomphé du charbon. Mais il considérait qu'il lui restait encore une étude à faire. Il avait constaté les effets du fléau, il avait trouvé une méthode préventive pour le combattre, il voulait maintenant connaître le mal dans sa cause. D'où vient le charbon ? Pourquoi ce mal est-il enzootique dans certains départements de la France, dans certaines régions de la Russie, de l'Allemagne, de l'Autriche, de l'Italie, de l'Espagne, de l'Amérique ? Comment s'entretient-il ? On a cru longtemps que le charbon naissait spontanément sous l'influence de causes occasionnelles diverses. M. Bouley a raconté dans son savant livre sur le *Progrès en médecine par l'expéri-* Non aujourd'hui

mentation que, en 1842, le ministre de l'agriculture, M. Cunin-Gridaine, sollicité par les députés des arrondissements ravagés par l'épizootie, confia à un professeur de l'école d'Alfort, M. Delafond, la mission d'aller étudier cette maladie, vulgairement nommée « maladie de sang », sur les lieux où elle sévissait, d'en rechercher les causes et d'examiner si ces causes ne résideraient pas dans le mode de culture usité dans le pays.

M. Delafond arrive en Beauce. Un fait le frappe : presque tous les animaux atteints du mal sont des animaux jeunes, beaux, vigoureux, ceux qui donnent les plus belles espérances. Rapprochant cette remarque de la richesse du sol, de l'abondance et de la qualité des récoltes, Delafond imagine aussitôt une théorie spéculative : « La maladie de sang, dit-il, n'est pas autre chose qu'un trop plein, qu'un excès de sang circulant dans les vaisseaux et surtout de la prédominance dans ce liquide de globules rouges. »

Parti de cette idée, il n'a plus d'autre but que d'arriver, à force de logique dans ses déductions, à tout faire découler de cette erreur fondamentale. Il analyse le sol, il démontre à quel point ce sol est constitué pour fournir des récoltes abondantes et riches en principes nutritifs; il

analyse les plantes, il rapproche alors complaisamment la richesse du sang des moutons de la Beauce et la richesse en principes azotés des aliments dont on les nourrit; il étudie les lésions des animaux atteints et il trouve que toutes ces lésions sont l'expression d'une proportion trop forte dans le sang des principes organiques nommés globules, fibrine, albumine et d'une trop petite proportion d'eau.

« Réduisez la proportion des aliments, écrit-il, sous forme de conseils aux cultivateurs, associez des racines à tout ce qui est trop riche en principes azotés, et vous réduirez proportionnellement les pertes causées par les excès des substances ultra-nutritives dont vous sursaturez vos bêtes. »

Voilà la conclusion très logique, — ajoute M. Bouley, en s'amusant de ces observations qui s'appuient sur une méthode de raisonnement au lieu de s'appuyer sur la méthode expérimentale, — voilà la conclusion à laquelle Delafond a été conduit; et, pour fournir une nouvelle preuve à l'appui de sa théorie, Delafond invoque le décroissement graduel de la maladie de sang à mesure qu'on descend vers la Loire. Sur la rive droite du fleuve, dans la Sologne, par exemple,

pays sablonneux, bas et humide, la maladie du sang est inconnue. Elle sévit peu dans les arrondissements de Gien, de Montargis, et dans une partie de ceux d'Orléans et de Pithiviers. Là, le sol est sablonneux, remarque imperturbablement Delafond, et les plantes sont loin d'avoir la richesse du plateau de la Beauce. Aussi la maladie du sang est-elle moins fréquente.

Quand on pense qu'il n'y a pas plus de quarante ans que ces choses-là s'écrivaient et ne pouvaient être relevées, qu'elles empruntaient même à l'inspiration qui les avaient fait naître un caractère scientifique, on voit le chemin parcouru, on se rend compte des obscurités et des incertitudes dissipées par la pleine lumière de la méthode expérimentale.

Lorsque l'attention fut appelée sur la présence dans le sang des animaux charbonneux d'un parasite, au moment où la croyance à une génération spontanée des êtres microscopiques venait d'être écartée par M. Pasteur du domaine des faits positifs, on s'habitua à l'idée que les animaux frappés du charbon avaient pu prendre les germes du mal dans le monde extérieur, sans qu'il y eût jamais naissance spontanée, proprement dite, de l'affection. Cette opinion fut

fortifiée par la connaissance des spores du bacille charbonneux. M. Pasteur, avec l'aide de MM. Chamberland et Roux, institua des expériences pour tenter de résoudre cette difficile question de l'étiologie. Les premières expériences eurent lieu dans les champs d'une ferme située dans le village de Saint-Germain, près de Chartres. Voici ce que l'on imagina. Certains lots de moutons furent nourris avec de la luzerne que l'on arrosa de cultures artificielles de bactéridies charbonneuses et de leurs germes ou spores. Malgré le nombre immense des spores du parasite ingérées par tous les moutons d'un même lot, beaucoup d'entre eux ne moururent pas, même après avoir été visiblement malades. Ceux qui succombèrent offrirent tous les symptômes du charbon que l'on appelle spontané. L'incubation du mal pouvait aller jusqu'à huit et dix jours, quoique, dans les derniers temps de la vie, la maladie revêtît ces caractères presque foudroyants qui ont fait croire, — pour ces conditions de contagion si différentes de celles qui déposent le parasite à l'état de pureté sous la peau de l'animal, — à une incubation d'une durée très courte.

Mais si l'on mêlait à ces aliments souillés des

germes du parasite des objets piquants, notamment les extrémités pointues des feuilles de chardon desséché et surtout des barbes d'épis d'orge coupées par petits fragments qui avaient un centimètre de longueur environ, la mortalité augmentait singulièrement. A l'autopsie, les lésions de ces animaux étaient pareilles à celles que l'on observe chez les moutons frappés du charbon dans les étables ou chez ceux qui meurent charbonneux, en pleins champs.

Dès lors, l'idée qui n'avait cessé de présider aux recherches de M. Pasteur et de ses collaborateurs se fortifia dans leur esprit. Ils furent convaincus que les animaux qui mouraient du charbon dans le département d'Eure-et-Loir étaient contagionnés par des germes ou spores du microbe charbonneux répandus sur leurs aliments. Mais quelle était donc l'origine de ces germes?

Du moment où l'on rejette toute idée de génération spontanée du parasite, il est naturel de porter son attention sur les conséquences possibles que peut provoquer l'enfouissement dans la terre des animaux morts charbonneux. La plupart du temps, quand l'établissement d'équarrissage est trop éloigné et que l'animal mort est

de peu de valeur, lorsque c'est un mouton par exemple, on pratique une fosse sur place, à une profondeur qui varie entre $0^{m},50$ et 1 mètre. Si l'animal a succombé dans un champ, on l'enterre là où il est tombé; s'il est mort dans l'écurie, on le porte dans un champ voisin de la ferme. Le voilà enfoui, la putréfaction s'en empare. Or, la putréfaction détruisant tous les filaments du parasite charbonneux du sang, il ne peut y avoir, disait-on, par le fait de l'enfouissement, une dissémination des germes du charbon. M. Pasteur fit voir que cette opinion reposait sur une observation superficielle. Alors même que les animaux ne seraient pas dépecés, est-ce que du sang ne se répand pas hors du corps en plus ou moins grande abondance? N'est-ce pas un caractère habituel de la maladie qu'au moment de la mort le sang sorte par les narines, par la bouche et que les urines soient souvent sanguinolentes? Tout autour du cadavre, la terre est donc souillée de sang. D'ailleurs, il faut plusieurs jours avant que le microbe charbonneux se résolve en granulations inoffensives, par le fait des gaz (privés d'oxygène libre) que la putréfaction dégage, et pendant ce temps, le ballonnement excessif du cadavre fait écouler les liqui-

des de l'intérieur à l'extérieur par toutes les ouvertures naturelles. Que de fois aussi une déchirure de la peau et des tissus augmente cet écoulement! Le sang et les matières, ainsi mêlés à la terre aérée environnante, ne sont plus dans les conditions de la putréfaction, mais bien plutôt dans celles d'un milieu de culture propre à la formation des germes du microbe.

L'expérience confirma de telles vues. En ajoutant du sang charbonneux à de la terre arrosée avec de l'eau de levûre ou de l'urine aux températures de l'été et aux températures que la fermentation des cadavres doit entretenir autour d'eux, comme dans un fumier, il y eut, en moins de vingt-quatre heures, multiplication et résolution en corpuscules-germes des filaments charbonneux apportés par le sang. Ces corpuscules-germes, on les retrouve ensuite dans leur état de vie latente, prêts à germer et propres à communiquer le charbon, non seulement après des mois de séjour dans la terre, mais même après des années.

Si curieuses qu'elles fussent, ces expériences n'étaient que des expériences de laboratoire. Il fallait rechercher ce qui arrivait en pleine campagne avec toutes les alternatives de sécheresse,

d'humidité et de culture. M. Pasteur et ses collaborateurs eurent alors une heureuse inspiration. Ils avaient enfoui en plein été, dans un coin isolé de la ferme de Saint-Germain, près de Chartres, un mouton dont ils avaient fait l'autopsie et qui était mort du charbon naturel. Dix mois, puis quatorze mois après, ils eurent l'idée de recueillir un peu de terre de la fosse. Après avoir recherché et constaté la présence des corpuscules-germes du microbe, ils provoquèrent par l'inoculation sur des cochons d'Inde la maladie charbonneuse et la mort. Mais la circonstance qui mérite surtout la plus grande attention, c'est que cette même recherche des germes fut faite avec succès sur la terre de la *surface* de la fosse, quoique, dans l'intervalle, cette terre n'eût pas été remuée. Des expériences portèrent plus tard sur la terre de fosses pratiquées dans une prairie du Jura, où l'on avait enfoui, à 2 mètres de profondeur, des vaches mortes charbonneuses. Deux ans après l'enfouissement, et de la terre même de la surface des fosses, on put également extraire, par lavages successifs, des dépôts donnant facilement le charbon. A trois reprises, dans l'intervalle de ces deux années, ces mêmes terres de la surface des

La terre conserve des germes de microbes rapportés des profondeurs par les vers.

fosses présentèrent le charbon. Sur des points éloignés des fosses, au contraire, la terre n'offrait rien de pareil. Enfin, M. Pasteur et ses deux préparateurs constatèrent que, à la surface des terres recouvrant des animaux enfouis, les germes se retrouvent après toutes les opérations de la culture et des moissons.

Mais comment, dira-t-on, la terre, qui est un filtre si puissant, peut-elle laisser remonter à sa surface des germes d'êtres microscopiques ? Ne serait-on pas tenté ici d'opposer à M. Pasteur M. Pasteur lui-même, car autrefois, dans des recherches faites en collaboration avec M. Joubert, M. Pasteur avait démontré que les eaux de sources qui jaillissent de la terre, à une profondeur même faible, sont privées de tous germes ? De telles eaux cependant sont en contre-bas des terres que traversent incessamment, quelquefois depuis des siècles, les eaux pluviales, dont l'effet doit tendre constamment à faire descendre les particules les plus fines des terres superposées à ces sources. Celles-ci, malgré ces conditions propres à leur souillure, restent indéfiniment d'une pureté parfaite. Est-il une meilleure preuve que la terre, en certaine épaisseur, arrête toutes les particules solides les plus ténues ? Et voilà

que, dans ces expériences sur le charbon, il est question de germes microscopiques qui, partant des profondeurs, remonteraient à la surface, c'est-à-dire en sens inverse de l'écoulement des eaux de pluie et jusqu'à de grandes hauteurs! Il y a là une énigme.

On sera bien surpris d'en entendre l'explication. Ce sont les vers de terre qui sont les messagers des germes et qui, des profondeurs de l'enfouissement, ramènent à la surface du sol le terrible microbe. Dans ces petits cylindres à très fines particules terreuses que les vers rendent et déposent à la surface du sol, après les rosées du matin ou après la pluie, les germes du charbon sont là, mêlés à d'autres germes. Il est facile d'en faire l'expérience directe : Si l'on place dans la terre, — à laquelle on a mêlé des spores du microbe, — des vers et qu'au bout de quelques jours on ouvre le corps de ces vers, avec toutes les précautions convenables pour en extraire les cylindres terreux qui remplissent leur canal intestinal, on y retrouve en grand nombre les spores charbonneuses. Il est donc absolument prouvé que si la terre meuble de la surface des fosses à animaux charbonneux renferme des germes du charbon, et souvent en

grande quantité, ces germes proviennent de la désagrégation par la pluie des petits cylindres excrémentiels des vers. La poussière de cette terre désagrégée se répand sur les plantes à ras du sol, et c'est ainsi que les animaux trouvent au pacage et dans certains fourrages les germes du charbon par lesquels ils se contagionnent. Ils se contagionnent absolument comme dans l'expérience où M. Pasteur répandait des liquides de cultures charbonneuses sur les bottes de luzerne qui devaient être données à ses moutons.

Dans ces résultats, disait, il y a peu de temps, M. Pasteur à l'Académie de médecine, que d'ouvertures pour l'esprit sur l'influence possible des terres dans l'étiologie des maladies, sur le danger possible des terres de cimetière!

Les vers de terre ramènent encore à la surface du sol d'autres germes qui, tout en étant aussi inoffensifs pour eux que les germes du charbon, sont cependant porteurs de maladies propres aux animaux. On en trouve de toutes sortes, et les germes du charbon sont, en réalité, toujours associés aux germes de la putréfaction et des septicémies.

Et maintenant, concluait M. Pasteur en por-

tant devant l'Académie un coup d'œil d'ensemble sur l'étiologie de la maladie charbonneuse, la prophylaxie n'est-elle pas naturellement indiquée? On devra s'efforcer de ne jamais enfouir les animaux dans les champs destinés soit à des récoltes de fourrages, soit au pacage des moutons. Toutes les fois que cela sera possible, on devra choisir, pour l'enfouissement, des terrains sablonneux ou des terrains calcaires, mais très maigres, peu humides et de dessiccation facile, peu propres, en un mot, à la vie des vers de terre. M. Tisserand, directeur de l'agriculture, a remarqué que le charbon est inconnu dans la région des Savarts de la Champagne, entourée cependant de pays charbonneux. Si les conditions du commerce y introduisent le charbon, le charbon n'est qu'un accident passager. Ne faut-il pas attribuer ce fait à ce que, dans ces terrains pauvres, tels que ceux du camp de Châlons, par exemple, l'épaisseur du sol arable est de $0^m,15$ à $0^m,20$ seulement, recouvrant un banc de craie où les vers ne peuvent vivre? Dans un tel terrain, l'enfouissement d'un animal charbonneux donnera lieu à de grandes quantités de germes qui, par l'absence des vers de terre, séjourneront dans les profondeurs du sol et reste-

ront inoffensifs. On a constaté enfin que les contrées à charbon sont à sol argilo-calcaire, et que cette affection, au contraire, est inconnue dans les terres schisteuses et granitiques. L'opposition de tels résultats en rapport avec de tels terrains se voit quelquefois dans le département de l'Aveyron, à droite et à gauche d'une simple route ou d'un cours d'eau.

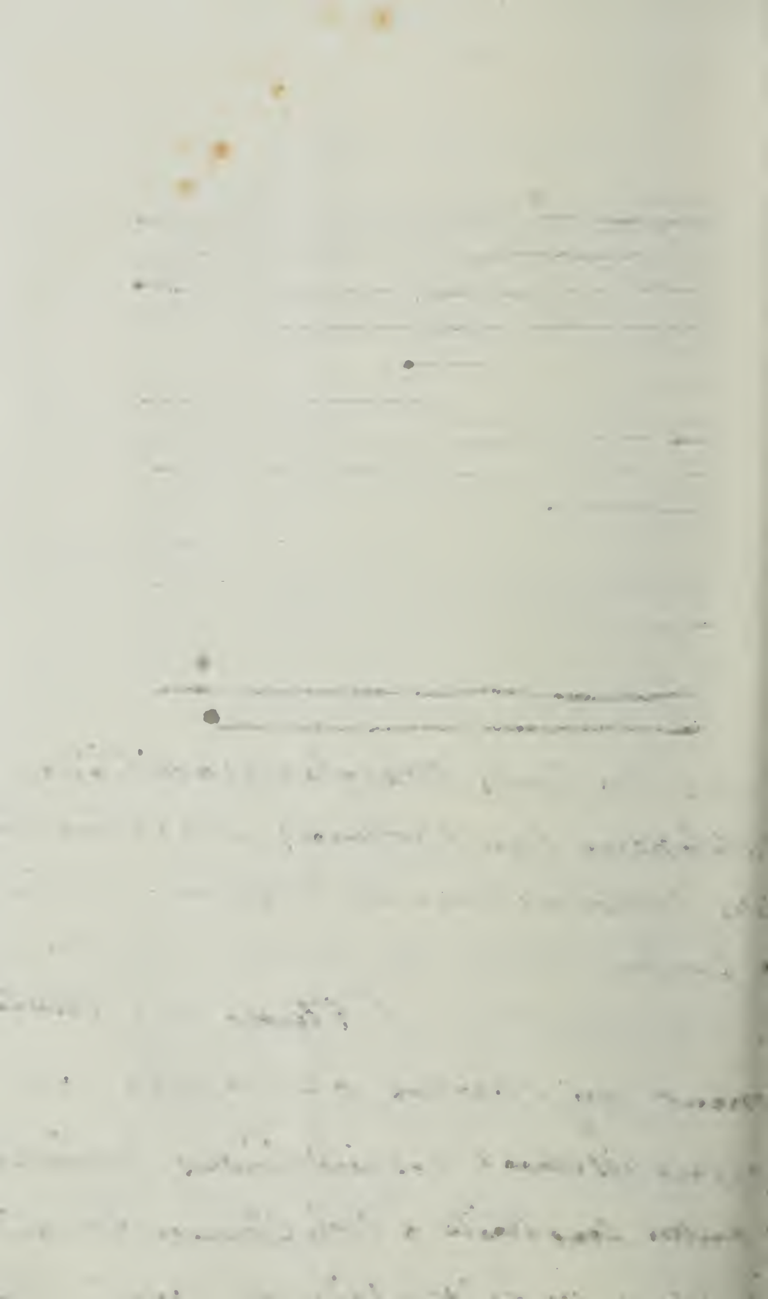
N'est-il pas permis d'assurer maintenant en toute vérité que, si les cultivateurs le veulent, l'affection charbonneuse ne sera bientôt plus qu'un souvenir pour leurs animaux, pour leurs bergers, pour les bouchers et les tanneurs des villes, parce que le charbon et la pustule maligne ne sont jamais spontanés, que le charbon existe là où il a été déposé et où l'on en dissémine les germes avec la complicité inconsciente des vers de terre?

Les progrès de la vaccination contribueront, de leur côté, à faire disparaître le charbon, car cette prophylaxie, si elle prend, comme on ne saurait en douter, une grande extension, finira par établir des races d'animaux domestiques dont tous les sujets seront issus de parents vaccinés, et par suite, plus résistants à l'affection mortelle. Il en sera d'eux vis-à-vis du charbon

les vers de terre demontrent qu'il n'y a pas des spontanéité. —

comme de nous-mêmes vis-à-vis de la variole. C'est un fait bien connu que la variole fait de nos jours beaucoup moins de ravages qu'au moment de son apparition en Europe. Il est difficile de ne pas attribuer cette circonstance, au moins en partie, à la propagation de la vaccine. Dans les peuplades où la variole s'introduit pour la première fois, elle prend une intensité exceptionnelle. Il y a quelques mois, un fait bien significatif à cet égard se passa à Paris. Toute une famille d'Esquimaux périt de la variole au Jardin d'acclimatation. Ces Esquimaux n'avaient point été vaccinés, pas plus que leurs ascendants. Ils étaient neufs pour les atteintes de la variole, qui ne fit aucun ravage en dehors d'eux.

ans les pays maigres granitiques
ablonneux peu profonds, il n'y a pas de
ers, reproducteurs du charbon, et dans
pâturages riches ou le mal à l'abri
vaccination. l'Étude de l'étiol
ment du charbon, c'est à dire, de
affaiblissement des individus microb
autres soustraits à l'influence d'un



MÉTHODE DE DISCUSSION

ET CONTRADICTIONS

Toute découverte nouvelle provoque dans les idées générales un changement que les uns acceptent avec joie, auquel les autres résistent, dérangés qu'ils sont dans leurs habitudes de pensées et de raisonnements. Ils sont dérangés aussi dans leurs espérances ceux qui poursuivaient un problème quelque peu semblable au problème résolu. Parfois alors on les voit se venger de leur retard en accablant de leurs négations la vérité proclamée. Le grand fait de l'atténuation des virus; la préparation artificielle des vaccins du choléra des poules et du charbon; l'importance de leur emploi pour préserver les animaux de ces maladies excitèrent

dans le monde entier une surprise et un enthousiasme que des critiques passionnées cherchèrent bientôt à amoindrir. C'est de l'Allemagne que partit la plus vive attaque. Au lendemain du triomphe de M. Pasteur, dans le Congrès international de médecine tenu à Londres en 1881, le docteur allemand Koch et ses collaborateurs, MM. Gaffki et Lœffler, firent paraître dans le recueil de l'office sanitaire allemand, publié à Berlin, une sorte de réquisitoire scientifique contre la découverte des virus-vaccins et la possibilité de les utiliser dans la grande pratique de l'élevage agricole.

« L'atténuation des virus! avait dit, au Congrès de Londres, le docteur Koch à un médecin français, c'est trop beau pour être vrai! » Aussi tout était-il remis en question par M. Koch et ses élèves. M. Pasteur laissa d'abord le torrent couler. Puis, n'étant pas de ceux qui cèdent devant un adversaire : « C'est à Berlin même, se dit-il, qu'il faut répondre aux attaques des savants allemands. » Comme on ne cessait de lui écrire de différents points de l'Allemagne pour obtenir du vaccin charbonneux, M. Pasteur répondit qu'il serait utile, puisque la découverte était si formellement contestée en Prusse, de

tenter, avant toute expédition de vaccin, une grande expérience de démonstration pareille à celle de Pouilly-le-Fort.

Le directeur de l'École vétérinaire de Berlin, le docteur Roloff, s'empressa de prendre l'initiative d'une démarche auprès du ministre de l'agriculture d'Allemagne. Le ministre nomma immédiatement une commission chargée de suivre l'expérience de vaccination et de faire un rapport au gouvernement allemand. M. Pasteur chargea alors un de ses nouveaux collaborateurs d'aller diriger les vaccinations. Ce collaborateur était Louis Thuillier. Il accepta avec une joie muette et profonde de partir pour conduire ces expériences où une découverte française devait être en jeu. Il était toujours prêt à tout, ce vaillant Thuillier, qui devait mourir pour la science, en pleine jeunesse, en pleine espérance de gloire! Son courage était aussi grand et aussi silencieux que son travail. Au laboratoire, il passait souvent des journées, des semaines sans prononcer une parole, toujours penché sur le microscope, cherchant, avec une passion tenace, à étudier tout ce qu'étudiait M. Pasteur, fier de vivre près de son illustre maître, heureux de se sentir son disciple et d'être aimé presque comme un fils.

Quel vide il a laissé dans le laboratoire et quelle place il aurait tenue dans la science!

La composition de la commission allemande, présidée par M. Beyer, membre du Conseil supérieur du gouvernement, témoignait assez de l'importance qu'attachait l'Allemagne à être renseignée sur la découverte française. Au nombre des membres se trouvait le célèbre professeur Virchow.

Les expériences eurent lieu dans le domaine de Pakisch. Les procès-verbaux et les rapports de la Commission ne laissèrent aucun doute sur l'exactitude des faits annoncés par M. Pasteur. Toutefois, comme les contradictions du docteur Koch et de ses collaborateurs ne portaient pas seulement sur la prophylaxie du charbon, M. Pasteur ne se contenta pas de ce premier succès. Il rechercha une nouvelle occasion de convaincre ses adversaires. Cette occasion lui fut offerte au mois de septembre 1882. Un Congrès international d'hygiène se tint à Genève. M. Pasteur s'y rendit avec l'espoir de rencontrer aux séances le docteur Koch. Son attente ne fut pas trompée. M. Koch était là, entouré de ses élèves. M. Pasteur, du haut de la tribune du Congrès, réfuta les critiques, releva les erreurs

de M. Koch et l'invita à engager un débat en présence de juges compétents. Il y eut, à ce moment-là, des salves d'applaudissements et l'on attendit la réponse du docteur Koch. Mais M. Koch déclina toute discussion, disant qu'il se réservait le soin et le temps de répliquer par la voie de la presse.

M. Koch mit trois mois à publier une petite brochure. Ces trois mois avaient porté leurs fruits. Cette découverte de l'atténuation des virus, si vivement attaquée dans le recueil de l'office sanitaire, une année auparavant, M. Koch l'exaltait maintenant comme une découverte scientifique de premier ordre. Mais, ne voulant pas se déjuger trop nettement, il continuait de l'attaquer, en niant son utilité dans la pratique agricole.

Cette méthode de discussion nette et directe, la méthode du droit au but, M. Pasteur la pratiqua toute sa vie.

« Les contradictions, me disait-il un jour, en se promenant dans le jardin de l'École normale, où il ne se promène guère que trois ou quatre fois par an, n'empêchent pas la vérité d'arriver, mais momentanément elles retardent sa marche,

et voilà pourquoi il faut toujours triompher des obstacles passagers qui la gênent et l'entravent. Il n'en est pas des discussions scientifiques comme des discussions politiques où la preuve est parfois difficile à donner, ajoutait-il en souriant. Dans les sciences de la nature, au contraire, une doctrine scientifique doit être établie sur un ensemble de résultats, d'observations et d'expériences. Si cette doctrine est attaquée, il est bien rare qu'elle ne puisse trouver un criterium de sa vérité ou de son erreur dans quelques faits décisifs qui ont le caractère, si elle est vraie, de s'accorder avec l'expression qui résume son principe et, si elle est fausse, d'apparaître nettement incompatibles avec cette expression. La plupart du temps même, un seul fait convenablement choisi peut suffire à renverser ou à consolider cette doctrine. »

Et, repassant dans sa pensée les études qui, pendant près de quarante ans, occupèrent sa vie, M. Pasteur se reportait à toutes les luttes qu'il avait soutenues. Ce n'était pas seulement contre Pouchet et Joly à propos de la génération spontanée, contre Liebig au sujet de la fermentation, contre les Allemands et les Italiens au sujet de l'atténuation du virus, qu'il avait fallu

qu'il se défendît vigoureusement. Pas une seule de ses affirmations n'avait passé sans soulever des discussions ardentes que, lassé de débats contradictoires, il finissait invariablement par porter devant une commission autorisée, demandant avec instance qu'elle tranchât elle-même le différend, en portant un jugement définitif.

Il y eut parfois des dénouements assez amusants. Lorsque M. Pasteur annonça, par exemple, à l'Académie de médecine l'expérience de la poule rendue charbonneuse par inoculation à la seule condition de la refroidir, un professeur de l'école d'Alfort, M. Colin, s'empressa de nier le fait. Séance tenante, M. Pasteur demanda la nomination d'une commission à laquelle il priait l'Académie de vouloir bien l'adjoindre lui et son contradicteur. Ceci se passait un mardi, jour de séance de l'Académie. Dès le samedi suivant, en présence de tous les membres de la commission, M. Pasteur apportait trois poules mortes charbonneuses. M. Colin fit lui-même l'autopsie et tout le monde put constater que le sang était rempli des filaments du parasite charbonneux. Procès-verbal fut dressé et signé de tous les membres de la commission. M. Colin fut obligé de signer à son tour. Le mardi suivant, ce procès-

verbal fut lu à la séance de l'Académie. Pour couvrir un peu sa retraite difficile, M. Colin objecta que les poules prenaient le charbon non parce qu'elles étaient refroidies, mais parce que, pour être maintenues dans l'eau, elles avaient, les malheureuses bêtes, leurs ailes et leurs pattes liées sur une planche. Cette objection sentimentale tombe devant ce résultat que des expériences comparatives avaient été faites entre des poules ainsi liées et inoculées, mais non refroidies. Jamais ces dernières n'avaient pris le charbon.

Quelques jours après, c'était à l'Académie des sciences que M. Pasteur, surpris à l'improviste par une publication posthume de Claude Bernard, devait rendre l'Académie juge d'une autre question brusquement soulevée. On avait trouvé dans des papiers de Claude Bernard une série d'expériences qui ne tendaient à rien moins qu'à inaugurer un nouveau système de génération spontanée des levûres de raisin qui font fermenter le moût de raisin.

« Je vais partir pour le Jura, dit M. Pasteur. Au milieu de ma vigne, qui a une dizaine de mètres carrés, ajoutait-il avec une certaine fierté, je recouvrirai des parois d'une serre improvisée quelques ceps qui continueront de vivre et de

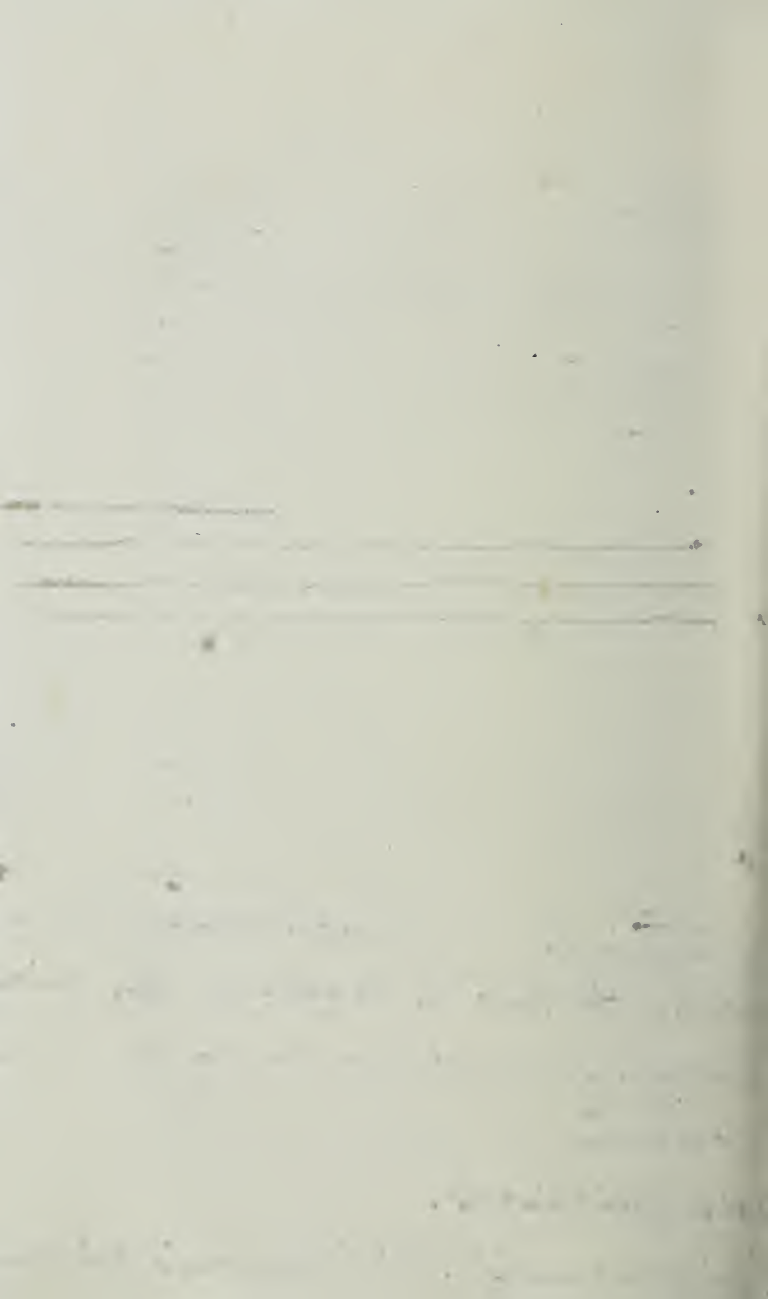
porter les raisins qui continueront de mûrir. Nous sommes au mois de juillet. Or, à cette époque de l'année, je l'ai déjà reconnu et publié, les germes de cellules, qui font le ferment du raisin dans la cuve de vendange, n'existent encore ni sur les grains verts du raisin, ni sur les grappes, ni sur les feuilles de la vigne. Sous la serre, j'envelopperai les grappes des ceps enfermés, par une couche de coton flambé, c'est-à-dire d'un coton qui aura été porté à une température de 150 degrés. Cette opération faite, je reviendrai à Paris, les clefs de la serre dans ma poche, et je retournerai dans le Jura au moment des vendanges dans les premiers jours d'octobre. J'annonce d'avance à l'Académie que les raisins qui auront mûri, enveloppés de coton, sous la serre, pourront être écrasés au contact de l'air pur et que le jus qui en résultera sera incapable de fermenter. »

Cette prophétie se réalisa. Au mois d'octobre, M. Pasteur revint dans le Jura, arracha plusieurs de ces ceps couverts de grappes de raisins parfaitement mûrs, les emporta soigneusement, reprit avec eux le chemin de Paris, perpétuellement gêné par la difficulté de les maintenir debout sans que les grappes pussent être frois-

sées. Enfin, il eut la joie de venir déposer ces ceps et ces grappes intacts sur le bureau de l'Académie des sciences. Il invita alors M. Berthelot, qui avait publié l'écrit de Claude Bernard, et tous ses confrères à détacher de ces ceps toutes les grappes qui leur plairaient. « Écrasez-les au contact de l'air pur, leur dit-il, et je vous mets au défi de constater la fermentation ! »

Que de circonstances où M. Pasteur dut revenir ainsi sur des faits acquis ! Ce n'était pas seulement à l'Académie des sciences, c'était encore à l'Académie de médecine avec M. Jules Guérin qui, à quatre-vingts ans, lui envoya comme dernière réponse scientifique une provocation en duel ! S'il y eut parfois quelque passion dans la manière dont M. Pasteur défendit sa cause, c'était la passion de la vérité qui l'animait, c'était l'ardent désir de convaincre qui donnait à sa voix vibrante ces accents, ces appels, ces défis. Il ne supportait pas qu'on attaquât son œuvre, — non par orgueil, personne n'est plus modeste que lui, — mais par irritation d'entendre nier des faits positifs dont il était mille fois sûr et que tout le monde pouvait constater. Mais qui songe aujourd'hui à ces discussions ? Le temps a passé, les oppositions

sont tombées. Les bienfaits de ses découvertes, M. Pasteur a pu les voir partout. En France comme à l'étranger, les témoignages d'admiration et de reconnaissance lui ont été apportés de toutes parts, ainsi que l'humanité les apporte d'ordinaire à ceux dont la mort fait pardonner le génie. L'industrie et l'agriculture lui ont dû de telles sources de richesses que le savant professeur anglais Huxley a pu dire : « Les découvertes de M. Pasteur suffiraient, à elles seules, pour couvrir la rançon de guerre de cinq milliards payés à l'Allemagne par la France. » Ses études sur les maladies contagieuses ont ouvert à la médecine une immense espérance de prophylaxie. Mais ce qu'il a fait de grand, on pourrait presque dire de merveilleux, M. Pasteur le regarde comme un simple commencement. « Vous verrez, dit-il souvent, comme tout cela s'agrandira plus tard. Ah! si j'avais encore le temps! »



LE

LABORATOIRE DE L'ÉCOLE NORMALE

LES SUJETS D'ÉTUDES. — LA RAGE

Depuis le jour où un ministre disait à M. Pasteur qu'il n'y avait pas quinze cents francs au budget pour lui allouer des frais de laboratoire, la science a obtenu un peu plus de considération. Aujourd'hui elle n'a pas à se plaindre; elle est traitée en souveraine; ses écoles tendent à devenir des palais; elle a une liste civile largement suffisante, elle est assez riche enfin pour payer ses recherches. Le laboratoire de M. Pasteur a eu sa bonne part des générosités bien placées de l'État. Le Conseil municipal de Paris a même voulu donner à ce laboratoire de vastes dépendances. Le vieux jardin du vieux collège Rollin

a été mis à la disposition de M. Pasteur, qui s'est empressé de bâtir des écuries pour y loger des chevaux atteints de la morve, des étables pour y abriter des moutons charbonneux et un chenil pour y enfermer des chiens enragés. Mais, tout en profitant de cet endroit hospitalier, M. Pasteur a voulu conserver dans le sous-sol de son laboratoire de la rue d'Ulm tout un monde de bêtes en expérience. Isolés dans des cages rondes et à peu près rassurantes sont les chiens enragés : les uns atteints de rage furieuse, mordant leurs barreaux, dévorant du foin, poussant ces aboiements lugubres que l'on ne peut oublier quand on les a entendus une fois; les autres portant le germe de la terrible maladie, mais caressants encore et le regard humide d'une tendresse qui implore un regard. Les poules et les poulets passent leur tête à travers les lattes des cages de bois. De temps en temps, un coq chante du fond de sa caverne « une aube obscure ». Les lapins mangent impassiblement, pendant que des petites familles de cochons d'Inde se groupent et poussent, à la moindre alerte, un gloussement craintir. Tout ce monde est destiné à des inoculations prochaines. Chaque matin, on fait le tour de ce petit hôpital d'animaux con-

damnés. On relève les morts et on va les porter, dans une des salles supérieures, sur les planchettes d'autopsie.

C'est aussi sur des planchettes que l'on attache les animaux vivants qui doivent servir à une expérience. Certes, quand on arrive devant un chien couché, les pattes liées, le regard perdu, le corps secoué d'un tremblement d'effroi, sur le point de subir, en pleine santé, une opération sanglante, on ne peut se défendre d'un mouvement de pitié. Mais il suffit d'être entré une fois dans un laboratoire de physiologie pour envisager la vivisection sous son seul et vrai jour: l'intérêt qu'elle offre à la science et le résultat qu'elle peut avoir pour le bien de l'humanité. D'ailleurs, au laboratoire de M. Pasteur, tout chien vivisecté est un chien chloroformé. Les polémiques engagées sur la vivisection tiennent à ce que les gens du monde ne voient que la souffrance ou l'angoisse d'un animal là où il faut surtout voir la solution d'un problème. Est-ce que le physiologiste anglais Harvey aurait découvert la circulation du sang s'il n'avait pas pratiqué la vivisection sur les biches du parc du roi Charles Ier? Est-ce que

Claude Bernard aurait pu, sans la vivisection, démontrer la fonction glycogénique du foie ? Est-ce que si M. Pasteur n'avait pas sacrifié quelques poules et quelques moutons, le grand fait scientifique de l'atténuation des virus aurait été découvert ? Qu'importe que cinq cents chiens périssent, si l'on trouve demain la cause de la rage, les moyens de la prévenir et si l'humanité est préservée de cet épouvantable fléau ?

Un jour, devant une grande assemblée, M. Pasteur faisait une expérience sur l'oxygène de l'air. Il plaça sous une cloche un oiseau qui, au bout de peu de temps, après avoir consommé la provision d'oxygène enfermée dans la cloche, se mit en boule, ouvrit le bec et ferma les yeux comme un oiseau qui va mourir. M. Pasteur introduisit à ce moment un second moineau qui, passant sans transition de l'air ordinaire sous cette cloche, tomba immédiatement asphyxié. Il y eut un petit cri d'effroi, un mouvement de sensibilité dans l'auditoire. Pendant que le premier moineau qui l'avait échappé belle était délivré et se ranimait peu à peu, M. Pasteur se tourna vers l'assemblée :

« Jamais, dit-il, je n'aurais le courage de tuer un oiseau à la chasse; mais quand il s'agit d'expé-

riences, je ne suis arrêté par aucun scrupule. La science a le droit d'invoquer la souveraineté du but. »

Aussi, tous les animaux du laboratoire, depuis les petites souris blanches qui se cachent sous un paquet de ouate jusqu'aux chiens qui aboient furieusement dans leur cage de fer, sont-ils voués à la mort. Mais ce ne sont pas seulement les hôtes du laboratoire qui chaque matin défilent sur les planches d'opérations ou d'autopsie. De divers points de la France on adresse souvent à M. Pasteur des bourriches pleines de poules mortes du choléra ou de quelque autre maladie. Voici un énorme panier bondé de paille : il renferme le cadavre d'un porc qui a eu le mal rouge. Ce fragment de poumon, expédié dans une boîte de fer-blanc, vient d'une vache atteinte de la péripneumonie. D'autres envois sont plus précieux encore. Depuis que M. Pasteur est allé, il y a deux ans, guetter à Pauillac le retour d'un bateau qui devait ramener des passagers atteints de fièvre jaune, il reçoit quelquefois d'un pays lointain une bonne dose de *vomito negro* en bouteille.

Partout, sur toutes les tables de travail, on ne

voit que des tubes remplis de sang, des lamelles chargées de gouttelettes. Dans les étuves sont rangés les ballons de cultures qui ressemblent à des petits flacons de liqueurs. Une pointe d'aiguille trempée dans un de ces ballons suffirait à donner la mort. Enfermés dans leur prison de verre, vivent et se multiplient des millions et des millions de microbes.

C'est vraiment un curieux spectacle que cette officine de recherches et de découvertes. Que de choses sont à l'étude et avec quelle ardeur et quelle patience à la fois M. Pasteur aborde tant de sujets différents! Ce n'est pas seulement aux maladies les plus redoutables qu'il a appliqué la théorie des germes, il a voulu l'étendre encore à certaines maladies communes. Tout lui est sujet d'expériences. Au mois de mai 1879, une personne qui travaillait au laboratoire eut de nombreux furoncles, se répétant, comme cela se voit d'ordinaire, à courts intervalles de temps, tantôt sur un point du corps, tantôt sur un autre. Constamment préoccupé du rôle des êtres microscopiques, M. Pasteur se demanda si le pus des furoncles ne contiendrait pas un parasite dont la présence, le développement et le transport fortuit ici ou là dans l'économie, après qu'une

porte lui en aurait été ouverte, provoquerait l'inflammation locale, la formation du pus et expliquerait la récidive du mal.

Le pus d'un premier furoncle situé à la nuque fut recueilli avec une grande pureté; quelques jours après, on recueillit le pus d'un second, puis d'un troisième furoncle. Le pus ou la lymphe sanguinolente de la proéminence rouge avant l'apparition du pus furent ensemencés dans un bouillon stérilisé et chaque fois on vit se développer un microbe formé de petits points sphériques associés par couples de deux grains fréquemment réunis en petits amas. Le liquide de culture était tantôt du bouillon de poule, tantôt du bouillon de levûre de bière. Avec l'eau de levûre, les couples de petits grains sont en suspension dans toutes les parties du liquide qui en est uniformément troublé. Avec les bouillons de poule, les couples de grains réunis, en petits amas, tapissent les parois du vase, et le liquide reste limpide tant qu'il n'est pas agité.

De nouvelles observations furent faites sur une série de furoncles d'un homme que le docteur Maurice Raynaud avait adressé à M. Pasteur. Le même parasite fut retrouvé, parasite unique sans mélange avec aucun autre. A l'hôpi-

tal Lariboisière, une femme, dont le dos était couvert de furoncles, fut l'occasion d'une nouvelle expérience et du même résultat. Il paraît donc certain que tout furoncle renferme un parasite microscopique aérobie et que c'est à lui que sont dues l'inflammation locale et la formation du pus qui en est la conséquence.

En inoculant sous la peau de petits cochons d'Inde ou de lapins les liquides de cultures, on provoque la formation de petits abcès, abcès qui disparaissent promptement. Tant que la guérison de ces petits abcès n'est pas achevée, on peut retirer de ces abcès l'organisme microscopique qui les a formés. Si l'on recherche la présence du petit parasite dans le sang de la circulation générale des personnes atteintes de furoncles, on ne le rencontre pas. La cause en est sans doute qu'un parasite aérobie a toujours quelque peine à se développer dans le sang. Les globules prennent pour eux et ne cèdent pas volontiers à un organisme étranger l'oxygène dont ils ont besoin. Il y a lutte pour la vie, et dans la lutte contre des furoncles la victoire n'est pas douteuse. On pourrait donc croire que le petit organisme des furoncles n'existe pas dans le sang, mais si on pouvait mettre en culture,

au lieu d'une gouttelette de sang, quelques grammes ou davantage, on réussirait sans doute à avoir des cultures fécondes. Le petit parasite doit être, à un moment ou à un autre, charrié par le sang et transporté d'un furoncle, où il est en voie de développement, sur un autre point du corps, où il peut fortuitement s'arrêter, se cultiver et former un nouveau furoncle. « Il serait à souhaiter, disait M. Pasteur, qu'un malade voulût bien se prêter à de très nombreuses piqûres sur divers points du corps, loin des furoncles formés ou en voie de formation, afin que l'on pût pratiquer une foule de cultures du sang de la circulation générale. Je suis persuadé, ajoutait-il, qu'on rencontrerait parfois des cultures fécondes du petit organisme des furoncles. »

Mais pendant que le docteur Maurice Raynaud mettait ainsi des diathèses furonculeuses à la disposition de M. Pasteur, le docteur Lannelongue lui permettait d'étudier la très grave maladie des os et de leur moelle, qu'on appelle l'ostéomyélite. Au mois de février 1880, l'habile chirurgien qui a publié un travail très estimé sur l'ostéomyélite et la possibilité de sa guérison par la trépanation de l'os, suivie de lavages et de pansements antiseptiques, emmena M. Pas-

teur à l'hospice Trousseau. Une petite fille de douze ans, atteinte de cette cruelle maladie, devait être opérée. Le genou droit était très enflé, ainsi que toute la jambe jusqu'au-dessous du mollet et une partie de la cuisse au-dessus du genou. Après avoir chloroformé l'enfant, le docteur Lannelongue pratiqua, au-dessous du genou, une longue incision qui fit sortir du pus en grande abondance. L'os du tibia découvert se montra dénudé sur une grande longueur. Trois trous de trépan furent pratiqués dans l'os. A chacun de ces trous, le pus se montra en grande quantité. Le pus de l'extérieur de l'os et le pus de l'intérieur, M. Pasteur les recueillit avec tous les soins de pureté convenables, et, rentré dans son laboratoire, les examina attentivement. L'observation directe au microscope des deux pus fut extrêmement intéressante. Il était sensible que ces pus contenaient en grande quantité un organisme pareil à l'organisme des furoncles, par couples de deux et quatre grains et par paquets de ces mêmes grains, les uns à contours nets, accusés, les autres peu visibles et à contours très pâles. Le pus extérieur offrait en abondance des globules de pus, celui de l'intérieur n'en montrait pas. C'était comme une

pâte toute formée de microbes, rappelant certains amas psorospermiques, tellement nombreux et tellement jeunes de vie et de multiplication qu'après l'ensemencement des liquides de culture, en moins de six heures, le développement du petit microbe était commencé et visible à l'œil nu par un trouble faible, mais général du liquide. Sa ressemblance avec l'organisme du furoncle est si grande qu'on devrait affirmer l'identité des deux microbes, si l'on ne savait combien les différences physiologiques peuvent être grandes entre des parasites microscopiques de même aspect et de mêmes dimensions.

I

A mesure qu'il avançait dans cet ordre d'études, M. Pasteur trouvait à l'Académie de médecine des confrères qui, vivement intéressés par de telles recherches, faisaient tout pour les seconder. C'est ainsi que M. Villemin, médecin en chef du Val-de-Grâce, — qui a découvert avec une telle sagacité la contagion de la tuber-

culose, — ne laissa jamais, au moment de l'épidémie de fièvre typhoïde qui sévissait sur Paris il y a deux ans, passer dans son service un cas de fièvre typhoïde sans le signaler à M. Pasteur qui allait recueillir lui-même le sang des morts. Que de gouttes de sang sont ainsi enfermées dans des petits tubes, que d'essais encore infructueux de culture pour chercher la cause de cette maladie qui fait tant de victimes ! Il est une autre maladie sur laquelle M. le docteur Hervieux appela spécialement l'attention de M. Pasteur, une maladie qui frappe un si grand nombre de femmes, la fièvre puerpérale. M. Pasteur alla dans le service de M. Hervieux, à la Maternité, visiter une femme accouchée depuis quelques jours et atteinte de la fièvre puerpérale. On fit à cette femme, à l'aide d'une épingle, une piqûre à l'index de la main gauche qui avait été d'abord lavé à l'alcool et à l'acide phénique dilués, puis essuyé avec un linge flambé. La goutte de sang recueillie fut ensemencée dans du bouillon de muscles de poule. Les jours suivants, la culture resta stérile. Le lendemain, après une nouvelle piqûre, on recueillit du sang qui, cette fois, se montra fécond. La femme mourut trois jours après. Le sang renfermait donc déjà, au moment où M. Pasteur

3 j.

l'avait recueilli, un parasite microscopique cultivable trois jours au moins avant la mort. Dix-huit heures avant que cette femme mourût, on avait ensemencé du sang pris au pied gauche et, comme la précédente, la culture s'était montrée féconde. Mais, — le fait vaut la peine d'être noté, — tandis que la première culture féconde ne renfermait qu'un microbe qui ressemblait à celui des furoncles, l'autre culture contenait un microbe en longs chapelets, flexibles, en petits paquets enchevêtrés comme des fils de perles brouillés.

Quand on fit l'autopsie de cette femme, on constata une grande abondance de pus dans le péritoine et l'utérus. Ce pus fut ensemencé avec toutes les précautions voulues. Du sang, pris dans les veines basilique et fémorale, fut également ensemencé. Partout il fut facile de constater les longs chapelets de grains en petits paquets enchevêtrés, et partout sans mélange d'autres organismes, excepté dans la culture du pus du péritoine qui, outre les longs chapelets de grains, montra également le petit vibrion pyogénique que M. Pasteur avait déjà signalé sous le nom d'organisme du pus.

M. Pasteur alla de la Maternité à l'hôpital

Lariboisière, où on lui avait signalé une autre femme qui venait également de mourir de la fièvre puerpérale. Par une ponction dans le péritoine, il recueillit du pus qui s'y trouvait en abondance; il l'ensemença, ainsi que le sang d'une veine du bras. La culture du pus fournit les longs chapelets et le petit vibrion pyogénique. La culture du sang ne donna que les longs chapelets très purs.

M. Pasteur fit beaucoup d'autres observations du même ordre dans des cas de fièvre puerpérale. Il est arrivé à cette conclusion que l'on range sous l'expression de fièvre puerpérale des maladies à symptômes variés, mais qui paraissent toutes être le résultat de l'envahissement d'organismes communs qui se développent à la surface des parties blessées et de là se répandent sous une forme ou sous une autre par la voie du sang ou celle des lymphatiques, dans telle ou telle partie du corps. Ils y déterminent des formes morbides variables avec la nature des parasites et la constitution générale des sujets. M. Pasteur est convaincu que, peut-être à l'exception des cas où le corps renfermerait déjà avant l'accouchement, par la présence d'abcès internes ou externes, des organismes microscopiques, la mé-

thode antiseptique doit être souveraine pour empêcher la fièvre puerpérale de se déclarer. L'emploi de l'acide phénique peut rendre de grands services, mais son odeur, et souvent la triste association d'idées qu'il éveille, peut avoir des inconvénients pour les accouchées. Il n'en est pas de même de l'acide borique en solution concentrée à la température ordinaire, qui contient de 30 à 40 grammes d'acide pour un litre d'eau.

« N'y aurait-il pas une grande utilité, disait M. Pasteur en développant ces idées et ces observations devant l'Académie des sciences, de mettre auprès du lit de chaque malade la solution concentrée et tiède d'acide borique avec des compresses très fréquemment renouvelées, après avoir été trempées dans la solution, et cela dès après l'accouchement? Ce serait également agir avec prudence que de porter les compresses, avant de s'en servir, dans un poêle à air chaud, à une température de 150 degrés, plus que suffisante pour tuer tous les germes d'organismes vulgaires.

« J'ai exposé, ajoutait-il, les faits comme ils m'ont apparu, et j'en ai hasardé des interprétations; mais je ne me dissimule pas que, sur le

terrain médical, il est difficile de se soustraire entièrement à des préoccupations subjectives. Je n'oublie pas davantage que les études médicales et vétérinaires me sont étrangères. Aussi j'appelle de tous mes vœux les jugements et les critiques. Peu tolérant pour la contradiction frivole ou de parti pris, dédaigneux du scepticisme vulgaire qui érige le doute en système, j'appelle le scepticisme militant qui fait du doute une méthode et dont la règle de conduite a pour devise : Encore plus de lumière. »

Depuis que ces idées ont pénétré plus avant dans la pratique, les hospices des Maternités, me disait dernièrement un médecin distingué, ne connaissent presque plus les fièvres puerpérales. L'emploi d'une solution au millième de sublimé corrosif, qui est un des meilleurs antiseptiques, donne d'excellents résultats et écarte tout danger. N'est-il pas permis d'espérer que les fièvres puerpérales disparaîtront bientôt, ainsi qu'a disparu l'infection purulente des hôpitaux depuis les pansements de Lister ?

II

En 1882, une nouvelle maladie préoccupa le laboratoire de l'École normale, maladie dont on ne connaît pas même le nom à Paris, mais qui dans les campagnes fait de grands ravages, le rouget du porc. C'est encore un microbe qui fait le mal, et ce microbe, ce fut Thuillier qui l'aperçut le premier en étudiant dans une petite commune du département de la Vienne le sang et les humeurs des porcs morts du rouget. On s'empressa au laboratoire d'instituer les expériences capables de démontrer que le microbe était bien l'auteur de la maladie. On cultiva le microbe dans du bouillon de veau stérilisé, on passa de cette culture à une culture suivante en prenant toujours pour semence une gouttelette de culture précédente. Inoculées aux porcs, ces dernières cultures provoquèrent le mal rouge sur certaines races de porcs. La preuve était donnée. C'était bien une maladie microbienne.

M. Pasteur, accompagné de Thuillier et d'un jeune préparateur, M. Loir, alla étudier à son tour la maladie dans le département de Vaucluse. Il resta plus d'un mois, dans le canton de Bollène, chez un vétérinaire, M. Maucuer, qui le promena à travers toutes les porcheries de l'arrondissement. Après avoir eu recours à l'action de l'oxygène de l'air pour atténuer la virulence du microbe, M. Pasteur tenta des essais de vaccination. Des porcs vaccinés restèrent dans le canton de Bollène, sous la surveillance de M. Maucuer. Les propriétaires s'étaient engagés à conserver leurs vaccinés pendant une année au moins. Au mois de septembre dernier, tandis que le rouget sévissait partout dans le canton de Bollène et dans l'arrondissement d'Orange, pas un vacciné n'était frappé. « Ils sont tous florissants, » écrivait M. Maucuer. Une adresse de reconnaissance était adressée à M. Pasteur par le conseil municipal de Bollène.

Mais, malgré ces heureux résultats, la question de l'appropriation des vaccins aux diverses races exige encore de nouveaux contrôles pour que la vaccination des porcs puisse être généralisée.

Bientôt on tenta au laboratoire une autre

méthode que la méthode de l'oxygène de l'air pour atténuer ce virus du rouget.

M. Pasteur avait établi que les virus ne sont pas des entités morbides; qu'ils peuvent affecter des formes et surtout des propriétés physiologiques nombreuses, dépendant des milieux où ces virus vivent et se multiplient. Bien que la virulence appartienne à des espèces vivantes microscopiques, elle est essentiellement modifiable. On peut l'affaiblir, on peut l'exalter et chacun de ces états est susceptible d'être fixé par la culture. Un microbe est virulent pour un animal quand il a la faculté de pulluler dans son corps à la manière d'un parasite et d'y provoquer, en se régénérant lui-même, des désordres pouvant amener la maladie et la mort. Si ce microbe a vécu dans une espèce animale, c'est-à-dire qu'à diverses reprises il soit sorti d'un individu de cette espèce pour pénétrer dans un autre individu de cette même espèce, sans avoir subi une influence extérieure sensible pendant l'intervalle des deux passages, on peut considérer la virulence de ce parasite comme arrivée, en quelque sorte, à un état fixe et maximum pour les individus de la race. Le parasite charbonneux, par exemple, propre aux moutons, varie peu d'un sujet à un

autre, d'une année à une autre, pour un même pays; il faut l'attribuer sans doute à ce que, de passage en passage, à travers les moutons, l'accoutumance du parasite à vivre dans le mouton a atteint un état pour ainsi dire définitif. Il en est ainsi du virus vaccin jennérien. Mais la virulence d'un virus, qui n'est pas à son maximum d'action, peut être essentiellement modifiée par son passage dans une suite d'individus d'une même race. On se rappelle que lorsque M. Pasteur et ses collaborateurs voulurent rendre au virus-vaccin du choléra des poules et du charbon et d'autres maladies encore des virulences progressivement croissantes, pour les amener finalement à des virulences maximum, ces virus furent inoculés à de jeunes sujets et successivement à des sujets plus âgés

« L'Académie se souviendra sans doute, disait M. Pasteur dans une communication récente, de ce virus-microbe que nous avons découvert autrefois dans la salive des hydrophobes. Très virulent pour les lapins, ce microbe s'est montré, au contraire, inoffensif pour les cobayes adultes; mais il tue rapidement les cobayes âgés de quelques heures ou de quelques jours seulement. En poursuivant les inoculations de co-

bayes à cobayes jeunes, nous avons vu la virulence s'exalter et arriver facilement à tuer des cobayes d'un âge plus avancé. Les lésions même avaient fini par différer notablement. L'accroissement dans la virulence par les passages successifs dans les individus d'une race était manifeste.

« Mais le résultat nouveau et inattendu que je tiens à signaler à l'Académie consiste en ce que le microbe, après avoir accru sa virulence par les passages successifs à travers le corps des cobayes, se montre ensuite moins virulent qu'auparavant vis-à-vis des lapins.

« Dans ces nouvelles conditions, il donne aux lapins une maladie guérissable spontanément, et, en outre, cette maladie, une fois éprouvée, l'animal devient réfractaire au microbe mortel du lapin. De là cette conséquence capitale que, par l'accoutumance à vivre chez une espèce (cobaye), le microbe, correspondant à une virulence déterminée, peut changer cette virulence dans ce qu'elle a de propre à une autre espèce (lapin), la diminuer et faire qu'elle devienne un vaccin pour cette dernière espèce.

« Ce résultat est d'une importance qui ne saurait échapper à personne, car il renferme le

secret d'une méthode nouvelle d'atténuation pouvant être appliquée à certains virus les plus virulents. Nous allons en avoir un exemple et une application.

« Si l'on inocule dans le muscle pectoral d'un pigeon le microbe du rouget du porc, le pigeon meurt dans un intervalle de six à huit jours, après avoir présenté les symptômes extérieurs apparents du choléra des poules.

« Lorsque le sang de ce premier pigeon est inoculé à un second pigeon, le sang de celui-ci à un troisième, et ainsi de suite, le microbe s'acclimate sur le pigeon. Le caractère en boule du sujet et sa somnolence, effets habituels de la maladie, apparaissent en beaucoup moins de temps que pour les premiers pigeons de la série. La mort également survient plus rapidement; enfin le sang des derniers pigeons se montre beaucoup plus virulent pour le porc que les produits mêmes les plus infectieux d'un porc mort du rouget, dit spontané.

« Le passage du microbe du rouget du porc par les lapins conduit à un tout autre résultat. Les produits infectieux d'un porc mort du rouget ou leurs cultures inoculées au lapin les rendent toujours malades et les font périr le plus souvent.

« Si l'on inocule le rouget de lapin à lapin, le microbe s'acclimate sur le lapin. Tous les animaux meurent et la mort arrive en un petit nombre de jours. Les cultures du sang de ces lapins dans les milieux stérilisés deviennent progressivement plus faciles et plus abondantes. Le microbe lui-même change un peu d'aspect, devient un peu plus gros que dans le porc et se présente sous la forme d'un 8, sans l'allongement filiforme de certaines cultures.

« Vient-on à inoculer aux porcs le sang des derniers lapins, par comparaison avec celui des premiers de la série, on constate que la virulence a été progressivement en diminuant du premier lapin aux lapins suivants. Bientôt le sang des lapins inoculé aux porcs n'amène plus la mort, quoiqu'il les rende malades. Après leur guérison, ils sont vaccinés contre le rouget mortel. »

On donne une petite maladie pour préserver d'une maladie mortelle — vaccine

III

Mais au milieu de ces études entreprises, il en est une qui domine les autres, qui, depuis trois ans, concentre à elle seule les efforts de M. Pasteur et de ses élèves : c'est la rage. Mystérieuse par son incubation, effrayante par ses symptômes, cette maladie attirait depuis longtemps M. Pasteur, quand il l'aborda en 1880. Outre l'attrait d'un problème obscur, il sentait que s'il parvenait à découvrir l'étiologie probablement microbienne d'une maladie pareille, il emporterait tous les esprits dans le courant des idées nouvelles. Bien souvent il avait été frappé sinon de l'opposition, du moins de la réserve prudente et circonspecte dont témoignaient, dans l'examen de ses doctrines, bon nombre de médecins qui, dominés par ce que l'élément moral peut provoquer de modifications dans les symptômes et le développement d'une maladie chez l'homme, ne sont pas portés à établir la moindre assimilation entre les maladies humaines et les maladies

des espèces animales. Certes, on comprend que les qualités affectives, les graves préoccupations de famille, l'effroi conscient de la mort, du grand inconnu, puissent changer chez l'homme le cours du mal, l'aggraver, le précipiter même. Mais, tout en reconnaissant, — car personne n'est plus que lui un être de sentiment, — ce qu'il y a de profondément vrai dans cette opinion, M. Pasteur ne peut s'empêcher de penser que l'origine première, la cause de telle et telle maladie contagieuse est physiologiquement la même dans les deux groupes, et que notre corps, en dépit de notre supériorité morale, est exposé aux mêmes dangers, aux mêmes désordres que le corps des animaux.

Pour triompher de ces résistances il fallait donc, après les grandes expériences du charbon, s'attaquer à une maladie qui fût à la fois commune à l'homme et aux animaux, une maladie où l'expérimentation, la seule mais la grande force de M. Pasteur, fût souveraine. La rage offrait tous ces avantages.

Ce fut encore le docteur Lannelongue qui signala à M. Pasteur un premier cas d'hydrophobie. Le 10 décembre 1880, un enfant de cinq ans, qui avait été mordu au visage un mois

auparavant, était mourant à l'hospice Trousseau. Dévoré à la fois d'une soif ardente et pris d'horreur pour tout liquide, il approchait de ses lèvres le goulot d'une cafetière fermée et tout à coup il se rejetait en arrière, la gorge contractée, en proie à une colère telle qu'il insultait la sœur occupée à lui donner des soins. Il était pris en même temps d'aérophobie à un degré prodigieux. A un certain moment, le talon d'un de ses pieds sortit du lit. Un interne souffla dessus. L'enfant n'avait pas vu l'interne et le souffle était si léger qu'il était pour ainsi dire insensible. Mais le pauvre petit entra en fureur et un spasme violent le saisit à la gorge. Le lendemain le délire commença, délire effrayant. Les matières spumeuses qui remplissaient son gosier l'étouffèrent.

Quatre heures après sa mort, on recueillit les mucosités du palais de cet enfant, on les délaya dans un peu d'eau et deux lapins furent inoculés sous la peau de l'abdomen. Les lapins périrent en moins de trente-six heures. La salive de ces lapins morts transmit, en outre, la maladie à de nouveaux lapins. Ne semblait-il pas que l'on eût affaire à une inoculation de la rage? Telle fut, en effet, la conclusion du docteur Maurice Raynaud

qui, informé en même temps que M. Pasteur de la maladie rabique de l'enfant, avait fait, de son côté, des expériences sur des lapins. Les lapins étaient morts. Une année auparavant, M. Maurice Raynaud avait déjà annoncé la transmission par la salive de la rage de l'homme aux lapins. « Nous sommes donc en présence d'un nouveau fait de ce genre, disait-il, et nous croyons bien, jusqu'à ce que la preuve du contraire nous soit donnée, que les derniers lapins sont morts de la rage. »

Avec sa prudence habituelle et comptant plus sur les résultats de l'expérimentation que sur l'observation clinique seule, M. Pasteur ne se hâta pas de conclure aussi nettement. Il commença par faire ce que le docteur Maurice Raynaud avait négligé, il étudia au microscope les tissus et le sang de ses lapins de laboratoire inoculés; il constata, soit qu'ils fussent sur le point de mourir, soit qu'ils fussent morts, la présence d'un microbe spécial, facilement cultivable à l'état de pureté et dont les cultures successives firent périr d'autres lapins. Invariablement le même microbe apparaissait dans le sang. Comme il suffisait d'un ou deux jours pour provoquer la mort, la rage, dans un si

court espace de temps, n'avait pu apparaître. Ce microbe d'ailleurs, M. Pasteur le retrouvait dans la salive d'enfants morts de maladies communes et même dans la salive normale d'adultes sains. C'était un nouveau microbe provoquant une maladie inconnue jusque-là. Il se montrait à M. Pasteur, dans ce cas d'expériences faites avec les mucosités du palais de l'enfant, comme un simple compagnon du virus rabique.

Ce microbe de la salive se cultive très facilement dans des bouillons stérilisés, celui de veau, par exemple, et on peut faire des séries successives de cultures en passant de l'une à l'autre par ensemencement de la précédente. La virulence persiste. Pourrait-on, se disait M. Pasteur, atténuer la virulence par l'action de l'oxygène de l'air ? Ce serait établir, par un nouvel exemple, la généralisation de la méthode d'atténuation par l'oxygène. Les essais réussirent. Si l'on a soin de ne mettre, ainsi qu'on le fait pour l'atténuation du choléra des poules, qu'un intervalle de quelques heures entre une culture et la culture suivante, la virulence des cultures successives du microbe de la salive se conserve en quelque sorte indéfiniment. Si l'on s'arrange, en d'autres

termes, pour que les cultures se succèdent de douze en douze heures, les lapins inoculés par les dernières cultures meurent aussi vite que par les premières. Thuillier avait eu la patience de faire ainsi quatre-vingts cultures au contact de l'air et quatre-vingts cultures dans le vide, — car le microbe de la salive est à la fois aérobie et anaérobie. Les quatre-vingtièmes cultures tuaient aussi vite que les premières. Mais si l'on vient à comparer les cultures successives, en les laissant séjourner au contact de l'air avant de passer d'une culture à la suivante, la virulence des cultures s'affaiblit. Ainsi que pour le choléra des poules, on peut donc obtenir des cultures atténuées du microbe. Toutefois, à la différence de ce qui se passe pour le choléra, les cultures du microbe de la salive, exposées au contact de l'air, périssent très vite. Il suffit de deux ou trois jours d'attente, pour qu'une culture mère perde toute virulence. La semence, prise en quantité quelconque, ne féconde plus une culture nouvelle. Mais, avant de périr, cette culture passe par des degrés très divers de virulence progressivement affaiblie, et il est facile, avec ces cultures, de rendre des lapins malades, sans amener leur mort.

Une fois guéris, ils résistent à une inoculation mortelle pour d'autres. L'oxygène de l'air est bien le transformateur de ce virus virulent en virus vaccin, car si le sang virulent ou si les cultures qui ont ce caractère restent enfermés dans des tubes clos à l'abri de l'air, ils gardent, non pas seulement pendant quelques heures, mais même pendant des mois, leur vie et leur virulence d'origine.

Bien que de tels résultats fussent aussi nouveaux qu'inattendus et qu'une cause de confusion dans l'étude du terrible problème fût ainsi écartée, ces premières recherches n'étaient point marquées par un progrès dans l'étiologie de la rage. La question restait tout entière.

Inquiet de la longue incubation du mal, de cette obligation d'attendre, pendant des mois entiers, le résultat d'une expérience, quand le sujet en comporte de très nombreuses, M. Pasteur chercha bientôt à donner la rage à coup sûr et à la faire apparaître plus rapidement. Malgré l'affirmation d'un professeur de l'école vétérinaire de Lyon, qui avait assuré que seule la bave du chien enragé contenait le virus de la rage et qu'il avait échoué dans tout autre essai d'inocu-

lation, soit avec la substance du cervelet ou de la moelle allongée des chiens enragés, M. Pasteur inocula sous la peau à des lapins et à des chiens, avec toutes les précautions nécessaires de pureté, diverses parties du cerveau d'un chien mort enragé. La rage se déclara chez les chiens et chez les lapins, avec une durée d'incubation à peu près égale à celle qui suivait les cas de morsure ordinaire. Quelle que fut la nécessité de se soumettre encore à cette incertitude d'incubation, un résultat très grand était acquis : on pouvait inoculer la rage avec une matière autre que la bave. Outre que la bave est toujours impure, qu'elle renferme un microbe spécial de la salive doué d'une virulence spéciale, elle offrait d'autres inconvénients. Il fallait, dans la poursuite des recherches, avoir sans cesse à sa disposition de la bave de chiens atteints de rage. Or, la bave perd en vingt-quatre heures sa virulence rabique. L'existence de la virulence rabique dans l'encéphale mettait, au contraire, à la disposition de l'expérimentateur le virus dans un grand état de pureté, abondant et susceptible de longue conservation.

L'idée vint alors à M. Pasteur et à ses prépa-

rateurs d'inoculer la matière rabique virulente, à l'état de pureté, sous la dure-mère, à la surface du cerveau d'un chien. Pourquoi ne porterait-on pas d'emblée, se disait M. Pasteur, le virus là où il doit agir et se développer? Après avoir pratiqué dans le crâne d'un chien chloroformé une trépanation, on déposa à la surface de son cerveau une parcelle du bulbe d'un animal mort de la rage. L'influence du chloroforme une fois dissipée, le chien reprit toutes les apparences de la santé. Il mangea le soir même. Mais, au bout de quelques jours les symptômes de la rage apparurent. L'animal devenait triste, inquiet, il bouleversait sa litière, refusait toute nourriture. Bientôt un hurlement lamentable et aigu fut le premier signe de la voix rabique, qui n'est qu'un long cri de souffrance et d'appel, où s'entremêlent des aboiements d'hallucinations. La dépravation de l'estomac commença. Il avala du foin et de la paille, il devint furieux, agité de convulsions violentes; il mourut enfin après un dernier accès. Pendant toute cette période, le laboratoire était dans la joie. On était donc en possession d'une méthode qui permettrait d'abréger singulièrement la durée d'incubation et de donner la rage à coup sûr! Les

essais se multiplièrent : tout chien trépané et qui reçut à la surface du cerveau un peu du bulbe d'un animal enragé succomba à la rage dans une période qui atteignait rarement vingt jours. L'exercice de cette méthode ne démontrait-il pas, en outre, que la rage est une maladie de l'encéphale, que le siège du virus rabique, loin d'être exclusivement dans la bave, est avant tout propre à la matière cérébrale?

D'autres résultats qui agrandissent celui-ci ne se firent pas attendre. Il fut établi que non seulement le cerveau est rabique, mais que la moelle épinière, dans toute sa longueur, peut être rabique, et que les nerfs eux-mêmes, dans tout leur trajet, du centre à la périphérie, peuvent contenir le virus de la rage. S'il existe un microbe de la rage, ce microbe a dans le corps, pour milieu de culture par excellence, l'encéphale, la moelle et les nerfs. Il fut établi, en outre, qu'il y avait des localisations du virus dans telle ou telle partie du système nerveux et qu'il fallait chercher dans ce fait les différences si considérables des symptômes rabiques dans les divers cas de la rage. Au moment de la mort, la moelle allongée ou bulbe est toujours rabique. Il fut établi enfin qu'on pouvait donner la rage, et

presque aussi rapidement que par trépanation, en inoculant la matière nerveuse rabique dans le système circulatoire sanguin, — par une veine.

En présence de tels faits, on se rend aisément compte de ce qui se produit dans les cas de morsure par un chien enragé. Le système sanguin porte à la surface du cerveau ou à la surface de la moelle le virus qui s'y cultive en tel ou tel point, et envahit peu à peu la matière nerveuse. Celle-ci serait progressivement attaquée sur tous ses points, si la mort par le bulbe n'arrivait pas presque toujours avant que la propagation du virus puisse s'être généralisée.

Les glandes de la salive sont souvent rabiques, sans doute parce que les nerfs qui s'y rendent y déversent peu à peu le virus. Ainsi s'explique la présence de ce virus dans la bave des chiens enragés, où de tout temps, depuis que la maladie est connue, il a été constaté. Lorsque la moelle ou certaine de ses parties se trouve prise la première par le virus, une paralysie générale précède souvent la mort. La rage n'est alors, le plus souvent, ni aboyeuse, ni mordeuse, le chien est caressant jusqu'à la fin.

« Quand on examine avec soin, disait, au mois de juillet dernier, le préparateur de M. Pasteur, M. Roux, dans sa thèse de doctorat en médecine, quand on examine avec soin un peu de la pulpe fraîche du cerveau d'un animal enragé et en même temps par comparaison la substance d'un animal sain, il est très difficile de faire une différence. Il semble cependant que, dans la matière rabique, outre les granulations qui sont à profusion dans la pulpe saine, il existe de petits points d'une extrême finesse, presque imperceptibles avec nos plus forts grossissements. Dans le liquide céphalo-rachidien, si limpide en apparence, on parvient avec beaucoup d'attention, à découvrir les mêmes petits points. Est-ce là le microbe de la rage ? Quelques-uns n'hésitent pas à l'affirmer. Pour nous, tant que la culture du microbe en dehors de l'organisme n'aura pas été faite et que la rage n'aura pas été communiquée au moyen de ces cultures, nous nous abstiendrons d'en parler. »

Mais le grand problème de la rage est moins encore d'en isoler le microbe que de trouver le moyen de prévenir l'affreuse maladie.

En ce moment même, on est en pleines expé-

riences. Chiens mordeurs et chiens mordus remplissent le laboratoire. Sans compter les centaines de chiens qui, depuis trois ans, sont morts enragés au laboratoire, il ne se passe pas à Paris un cas de rage dont M. Pasteur ne soit averti. « Caniche et bouledogue en plein accès, lui télégraphiait, il n'y a pas longtemps, un vétérinaire ; venez. » M. Pasteur me proposa de l'accompagner et nous partîmes en emportant six lapins dans un panier. Les deux chiens étaient rabiques au dernier point. Le bouledogue surtout, un énorme bouledogue, hurlait, écumait dans sa cage. On lui tendit une barre de fer, il se jeta sur elle, et on eut grand'peine à la retirer de ses crocs ensanglantés. On approcha alors un des lapins de la cage et on fit passer à travers les barreaux l'oreille pendante du lapin effaré. Mais, malgré les excitations, le chien se rejeta dans le fond de sa cage et refusa de mordre. « Il nous faut cependant, dit M. Pasteur, inoculer les lapins avec cette bave ! »

Deux garçons prirent une corde à nœud coulant et la jetèrent au chien comme on jette un lacet. Le chien fut pris et ramené sur le bord de la cage. On s'en empara, on lui lia la mâchoire et le chien, étouffant de colère, les yeux injectés de

sang, le corps secoué d'un spasme furieux, fut étendu sur une table et maintenu immobile, pendant que M. Pasteur, penché à la distance d'un doigt sur cette tête écumante, aspirait, à l'aide d'un tube effilé, quelques gouttes de bave. C'est dans ce sous-sol de vétérinaire et à la vue de ce tête-à-tête formidable que M. Pasteur m'est apparu le plus grand.

Voir 389

c'est vrai !!!

voir 229 – Les Maladies virulentes le charbon – la septicémie

FIN

de 229 à 273. la culture du virus charbonneux, on l'atténue on l'excite, on en fait un vaccin [illegible] des cent milliers de moutons. par analogie il [illegible] le virus rage qui peut [illegible]

[illegible] jours, 6 mois, 12 [illegible]

[illegible] au bout d'un mois, [illegible]

quelques jours, [illegible] la maladie

[illegible] 9 jours, [illegible]

...ent de 297 à 323 pour les

...mentes amènent la cure de la Rage...

...288, 289, 290, 291,

...surtout :

...sur les décompositions Terre inhabitable

désolante rénovée. .... ..

TABLE DES MATIÈRES

Arbois à 2 heures N. de Poligny. —

Paris. — Typ. G. Chamerot. 19, rue des Saints-Pères. — 15729.

offrandes destinées à soulager les familles de savants qui sont morts sans laisser de ressources.

Voulez-vous me permettre, Monsieur, de plaider à mon tour la cause de tous ceux qui, sans la Société de secours des Amis des sciences, seraient en pleine détresse?

Recevez, Monsieur, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Président de la Société,

L. PASTEUR.

A RAULIN [1]

[*Probablement* 1885].

Mon cher Raulin,

Ma femme et moi, nos enfants et la petite Camille nous prenons bien part à votre chagrin. Plus on avance en âge, plus on comprend ce que nous devons de reconnaissance et d'affection aux auteurs de nos jours, à leur sollicitude, aux tendres soins dont ils nous ont entourés.

Présentez mes affectueux hommages à Mme Raulin et rappelez-nous à son souvenir et à celui de vos enfants.

Bien à vous, mon cher Raulin.

L. PASTEUR.

1. Ancien agrégé-préparateur de Pasteur, Jules Raulin était depuis 1876 professeur de chimie appliquée à la Faculté des sciences de Lyon. Voir *Correspondance de Pasteur*, t. II, p. 115, note 2.

1886

Résultats de l'application de la méthode de prophylaxie de la rage. — Décision de créer à Paris un établissement vaccinal contre la rage; souscriptions. — Russes venus de la province de Smolensk pour subir le traitement antirabique. — Le gouvernement anglais nomme une Commission pour vérifier les faits relatifs à la vaccination. — Attaques en France et à l'étranger contre Pasteur. — Pasteur, souffrant d'insuffisance cardiaque, va se reposer à Bordighera.

A JULES VERCEL.

Paris, ce 9 *janvier* 1886.

Mon cher Jules,

...J'ai un succès qui m'étonne moi-même dans le traitement de la rage. Il me vient des mordus de tous les pays et tout va très bien. J'ai commencé ce matin la 166e personne.

L. PASTEUR.

AU COMTE DE LAUBESPIN [1].

Paris, le 12 *janvier* 1886.

Monsieur le Comte,

M. Hervé, directeur du *Soleil*, m'a apporté ce matin la somme considérable de quarante mille francs que vous

1. Comte de Laubespin (1810-1896), homme politique et philanthrope.

avez bien voulu le charger de me remettre pour servir à mes études sur la rage et aux dépenses de l'application de la nouvelle méthode que j'ai communiquée à l'Académie des sciences, le 26 octobre dernier. Je m'empresse, Monsieur, de venir vous témoigner toute ma gratitude pour votre générosité.

Mon intention est, ainsi que je viens de l'expliquer à M. Hervé, de fonder à Paris un établissement modèle sans avoir recours à l'Etat, à l'aide de dons et de souscriptions internationales. J'ai la confiance qu'un seul établissement à Paris pourrait suffire, non seulement pour la France, mais pour l'Europe, la Russie, même l'Amérique du nord. Quant à l'Amérique du sud, le Brésil, l'Australie etc., de jeunes savants pourraient venir s'instruire des détails de la méthode à Paris. Votre don, Monsieur le Comte, pourra très utilement figurer en tête de la liste des dons à venir, si vous le permettez.

Permettez-moi d'ajouter que ce matin j'ai commencé le traitement de la 174ᵉ personne mordue par chien enragé et que à part le malheur arrivé à la petite Louise Pelletier, morte de la rage malgré son traitement, rien absolument de fâcheux n'est survenu. Vous aurez appris d'ailleurs que cette chère enfant mordue affreusement à la tête et à l'aisselle par un chien de montagne à La Varenne-Saint-Hilaire, le 3 octobre 1885, ne m'a été amenée que le 9 novembre suivant, c'est-à-dire le 37ᵉ jour après l'accident et que sa blessure avait été si forte que le 9 novembre elle était encore toute purulente et sanguinolente.

Recevez, Monsieur le Comte, avec l'expression de ma reconnaissance, l'assurance de ma haute considération.

L. PASTEUR.

A JOSEPH MEISTER.

Paris, ce 14 *janvier* 1886.

Mon cher petit Meister,

Comment vas-tu? Comment se porte toute ta famille? J'ai reçu tes dernières lettres avec grand plaisir, parce que

j'ai constaté que, pour l'écriture, pour l'orthographe et pour le raisonnement, tu as fait des progrès très marqués.

Et comme tu m'as parlé de la gêne de tes parents je veux contribuer à l'éloigner en t'envoyant pour tes étrennes une petite somme qui les aidera à se tirer momentanément d'affaire.

Tu trouveras, sous ce pli, un mandat-poste de cent francs.

Conduis-toi toujours bien et que, par ton travail et ton obéissance à écouter les conseils de tes parents et de tes maîtres, tu les rendes tous heureux.

Adieu. Bonjour et bonne santé pour toi et tous les membres de ta famille.

L. PASTEUR.

Ne mets pas de retard à me répondre que tu as reçu ma lettre et le mandat qu'elle contient.

Tu n'oublieras pas de me rappeler au souvenir de M. le Dr Weber quand tu en auras l'occasion.

A JUPILLE.

Paris, ce 14 *janvier* 1886.

Mon cher Jupille,

J'ai bien reçu toutes tes lettres. Les nouvelles que tu me donnes de ta bonne santé me font grand plaisir. Mme Pasteur te remercie de ton souvenir. Avec moi elle souhaite, et tout le monde au laboratoire, que tu ailles toujours bien et que tu fasses le plus de progrès possible en lecture, en écriture et en calcul. Ton écriture est déjà bien meilleure que par le passé. Mais fais beaucoup d'efforts pour apprendre l'orthographe. Où vas-tu en classe? Qui te donne des leçons? Travailles-tu chez toi autant que tu le peux? Tu sais que Joseph Meister, le premier vacciné, m'écrit souvent. Or, je trouve, quoiqu'il n'ait que dix ans, qu'il fait des progrès bien plus rapides que toi. Applique-toi donc le plus que tu pourras. Perds peu de temps avec les camarades et suis en toutes choses les avis de tes maîtres et les conseils de ton père et de ta mère.

BIBLIOTHÈQUE D'ÉDUCATION ET DE RÉCRÉATION

VOLUMES IN-18, AVEC GRAVURES

Chaque vol. : Broché, 3 fr. — Cartonné, tr. dorées, 4 fr.

Aldrich (Traduction Bentzon). Mémoires d'un Écolier américain. — Anquez. Histoire de France. — Aston (G.) L'Ami Kips. — Audoynaud. Cosmographie. — Bentzon. Yette. — Bertrand (Alex.). Lettres sur les révolutions du globe. — Biart (L.). Jeune naturaliste. — Entre frères et sœurs. — Monsieur Pinson. — La Frontière indienne. — Le secret de José. — Lucia Avila. — Aventures de deux enfants dans un parc. — Blandy (S.). Le Petit Roi. — Les Épreuves de Norbert. — Boissonnas (Mme B.). Une famille pendant la guerre 1870-71. — Un vaincu. — Brehat (de) Petit Parisien — Aventures de Charlot. — Candeze. Aventures d'un Grillon. — La Gileppe. — Cauvain (H.). Un grand Vaincu. — Chazel (P.). Chalet des sapins. — Clement (Ch.) Michel-Ange, Raphaël, etc. — Dequet. Histoire de mon oncle. — Desnoyers (L.) Jean-Paul Choppart. — Dubail. Cours classique de Géographie. — Erckmann-Chatrian. L'Invasion. — Madame Thérèse. — Histoire d'un paysan (complet 4 v. — Faraday. Histoire d'une chandelle. — Fath (G.). Un drôle de voyage. — Foucou. Histoire du travail. — Francklin (J.). Vie des animaux, 6 v. — Genin (M.). La famille Martin. — Gennevraye. Théâtre de famille. — Grimard. Histoire d'une goutte de sève. — Jardin d'acclimatation. — Hirtz (M.) Méthode de coupe et de confection. — Immermann. La blonde Lisbeth. — Laprade (de). Livre d'un père. — Laurie (A.). La vie de collège en Angleterre. — Mémoires d'un collégien. — Une année de collège à Paris. — Lavallee. Frontières de la France. — Legouvé (E.). Les Pères et les Enfants. — Nos Filles et nos Fils. — Lemaire (C.). Les expériences de la Petite Madeleine. — Lockroy. Contes à mes nièces. — Macé (J.). Une Bouchée de pain. — Les Serviteurs de l'estomac. — Contes du petit château. — Arithmétique du grand-papa. — Maury. [illegible] physique. — Le Monde où nous vivons. — Mayne Reid. William le Mousse. — [illegible] — Le Petit Loup de Mer. — Les [illegible] — Chasseurs de girafes. — [illegible] — La sœur perdue. — [illegible] — Les deux Filles du squatter. — [illegible] — Robinsons de terre ferme. — [illegible] ...ures. — Le Désert d'eau. — [illegible] — La Montagne perdue. — [illegible] toire populaire de la Pologne. — [illegible] Les Grandes Fêtes de France. — [illegible] Jeunesse des hommes célèbres. — [illegible] par l'aspic. — Les [illegible] (Ch.). Contes choisis. [illegible] — Parville (De). [illegible] Mars. — Ratisbonne (L.). [illegible] — Reclus (E.). Histoire d'un ruisseau. — Histoire d'une montagne. — Renard. [illegible] — Saudeau. [illegible] Livre de Musique. — Simonin. [illegible] Stahl (P.-J.). Contes et Récits de morale familière. — Histoire d'un âne et de deux jeunes filles. — [illegible] — Stahl et de Wailly. [illegible] — Stahl et Lermont. [illegible] et Jane. — Stahl et Muller. [illegible] — Susane. Histoire de l'infanterie. — [illegible] Dans les montagnes. — Vallery-Radot. [illegible] d'un volontaire d'un an. — Zurcher et Margollé. Les Tempêtes. — Histoire de la navigation. — Monde sous-marin. — Wentworth. [illegible]

VOLUMES IN-18 SANS GRAVURES

Chaque vol. : Broché, 3 fr. — Cartonné, tr. dorées, 4 fr.

Ampère (A.-M.). Journal et Correspondance. — Andersen. Nouveaux Contes suédois. — Bertrand (J.). Fondation de l'Astronomie. — Brachet. Grammaire historique. — Durand (Hip.). Grands Prosateurs. — Les Grands Prosateurs. — Egger. Histoire du Livre. — Gramont (Cte de). Les Vers français et leur Prosodie. — Gratiolet (P.). Physionomie. — Hippeau (Mme). Économie domestique. — Hugo (V.). Les enfants. — Lavallée (Th.). Histoire de Turquie. — Legouvé (E.). Conférences parisiennes. — L'Art de la Lecture. — La Lecture en action. — Macaulay. Histoire et Critique. — Ordinaire. Dictionnaire de Mythologie. — [illegible] — Roulin (F.). Histoire naturelle. — Sayous. Conseils à une Mère. — Principes de Littérature. — Susane. Histoire de la Cavalerie 3 v. — Thiers. Histoire de Law. — Verne (J.). Capitaine Hatteras, 2 v. — [illegible] 3 v. — Aventures de [illegible] et 3 Anglais. — Cinq semaines en Ballon. — [illegible] Terre à la Lune. — Découverte de la Terre. 2 v. — Grands Navigateurs 2 v. — [illegible] 2 v. — Le Pays des Fourrures, 2 v. — [illegible] en 80 jours. — [illegible] Voyage au centre de la Terre. — [illegible] — Le docteur Ox. — Le Chancellor. — [illegible] Vienne 3 v. — Michel Strogoff, 2 v. — [illegible] Noires. — Hector Servadac, 2 v. — [illegible] 15 ans, 2 v. — 500 millions de la Bégum. — [illegible] Chinois. — La Maison à Vapeur. — La Jangada, 2 v. — [illegible] Vert. — [illegible] L'Archipel en feu.

VOLUMES IN-18. — PRIX DIVERS

Brachet. Dictionnaire étymologique (ouvr. cour.) 8 fr. — Chennevières (de). Aventures du petit roi Saint-Louis, 2 fr. — Dubail. Géographie de l'Alsace-Lorraine, 1 fr. — Claye (J.). [illegible] 1 fr. — Grimard (Ed.). [illegible] 6 fr. — Legouvé (E.). Petit traité de lecture, 1 fr. — Macé. Théâtre du petit château, 2 fr. — [illegible] du grand-papa (édition populaire), 1 fr. — [illegible] 1 fr. — Petit (A.). [illegible] 3 fr. 50. — Souvirou. [illegible] 1 fr.

Paris. — Imp. Gauthier-Villars